RIVISTA MILITARE

FINMECCANICA

TECHNE

Il ruolo trainante della cultura militare nell'evoluzione tecnologica

FLAVIO RUSSO - FERRUCCIO RUSSO

Flavio Russo - Ferruccio Russo

TECHNE

Il ruolo trainante della cultura militare
nell'evoluzione tecnologica

- ETÀ MODERNA -

RIVISTA MILITARE

ROMA 2013

Questo volume è stato realizzato dalla Rivista Militare.
Ne sono Autori: per la parte relativa al testo ed alle ricerche storiche Flavio Russo;
per la parte relativa al progetto grafico, alle ricostruzioni virtuali e all'apparato
iconografico, in generale, Ferruccio Russo;
per la sezione "Verso i robot", Cesare Rossi.
Le illustrazioni ed i disegni, quando non diversamente precisato nelle referenze
iconografiche, sono degli Autori o della Rivista Militare.

L'immagine di copertina è un'illustrazione della fine del XIX sec. raffigurante uno dei primi utilizzi di un pallone frenato su un campo di battaglia. "*Le Commandant Coutelle au siège de Mayence*" (1795), Romanet & cie., Parigi 1890-1900.

Hanno collaborato:

Coordinamento editoriale:
Luigino Cerbo

Revisione testi:
Claudio Angelini, Annarita Laurenzi, Marcello Ciriminna

Progetto, elaborazione grafica ed impaginazione:
Ferruccio Russo

RIVISTA MILITARE

Direttore Responsabile:
Felice De Leo

© 2013
Proprietà letteraria artistica
e scientifica riservata

Indice

Presentazione ... 3
Prefazione tecnica ... 5
Prefazione ... 7
Premessa ... 13
La rivoluzione copernicana ... 13
Il trionfo dell'ingegneria ... 17
La scienza delle protesi ... 21
La protesi preminente ... 22
Capo ... 26
Militaria mirabilia: Un nuovo strumento tattico: il cannocchiale ... 27
Memorizzare ... 29
  La cifrante di Leon Battista Alberti ... 29
  La prima planimetria: una fortezza ... 33
Calcolare ... 39
  La calcolatrice di Blaise Pascal ... 39
  La calcolatrice di Gottfried Wilhelm von Leibniz ... 41
  La squadra di Tartaglia ... 44
Trasmettere ... 45
  La trasmissione radio di Luigi Galvani ... 45
  Le previsioni meteo di Giovanni Fortunato Bianchini ... 46
  L'esploditore di Alessandro Volta ... 48
Percepire ... 49
  L'anestesia di Ambroise Paré ... 49
Vedere ... 51
  Telescopio ... 51
Rilevare ... 52
  Tavoletta pretoriana ... 52
Segnalare ... 53
  Telegrafo ottico Chappe ... 53
Osservare ... 55
  Ricognizione aerea ... 55

Udire ... 56
Cornetto Acustico ... 56
Il telegrafo acustico dell'abate ... 58
Mangiare ... 59
Cibi in scatola ... 59
Vitamina C ... 60
Bere ... 62
Distillatore dell'acqua ... 62
Respirare ... 65
Lo scafandro di Tartaglia ... 65
Lo scafandro da palombaro ... 66
Verso i robot (di Cesare Rossi) ... 70

Braccia ... 80

Militaria mirabilia: il motore a polvere pirica ... 81
Sollevare ... 83
Il sollevamento dell'acqua nelle miniere ... 83
Fuoco per sollevare l'acqua ... 88
Fuoco per il sollevamento umano ... 94
Il sollevamento del mercurio nel barometro ... 95
Fortificare ... 98
La Trace Italienne ... 98
La difesa anticorsara continua ... 104
Costruire ... 115
Ponti sospesi ... 115
Funivie, teleferiche, palorci e piani inclinati ... 117

Mani ... 120

Militaria mirabilia: l'acciarino a ruota ... 121
Costruire con precisione ... 123
Tornio per metalli ... 123
L'alesatrice ... 128
Costruire in serie ... 129
Cannoni e moschetti ... 129
Sparare ... 133
Armi da fuoco manesche ... 133
L'archibugio e la pistola ... 137
La pistola ... 139
Congegni di accensione ... 139
Il fucile ad aria compressa ... 142
Misurare ... 144
L'orologio a molla ... 144
L'orologio a pendolo ... 152
Il cronometro e la longitudine ... 154
Seminare ... 157
Seminatrice automatica ... 157

Riprodursi ... 158
Il profilattico 'condom' ... 158

Gambe ... 160

Militaria mirabilia: il trattore per artiglieria di Joseph Nicolas Cugnot ... 161
Spostarsi sulla terra ... 163
I carri speciali ... 163
Carri anfibi getta-ponte di Agostino Ramelli ... 164
I semoventi ... 168
Locomotiva a vapore ... 168
Spostarsi sul mare ... 172
La galera d'età moderna ... 172
La galeazza ... 176
Il battello a vapore di Fulton ... 181
Moti verticali ... 186
Scendere nel mare ... 186
Ascendere nel cielo ... 187
Spostarsi nel cielo e in fondo al mare ... 191
L'elica ... 191
Il sommergibile ... 194
Il sommergibile di Cornelius van Drebbel, 1620 ... 195
Il sommergibile di Giovanni Alfonso Borelli, 1686 ... 196
Il sommergibile di Jean Baptiste Charbert, 1689 ... 197
Il sommergibile di Bushnell, 1775 ... 198
Il sommergibile di Fulton, 1801 ... 199

Piedi ... 202

Militaria mirabilia: la marcia a passo cadenzato ... 203
Follare ... 207
Gualchiere per tessuti e carta ... 207
Pedalare ... 213
Il celerifero ... 213
Aderire ... 215
La ruota a piedi o cingolo ... 215
Esplorare ... 216
A piedi nudi sott'acqua ... 216

Giovanni Branca. Le machine: volume nuovo et di molto artificio da fare effetti maraviglio si tanto spirituali quanto di animale operatione arichito di bellissime figure con le dichiarationi a ciascuna di esse in lingua volgare et latina ... 221

Indice degli autori ... 265

Presentazione

Lo scorso anno, più o meno nello stesso periodo, ho presentato il terzo volume della serie "*Techne",* dedicato al periodo rinascimentale.

La presente opera, in collana con le precedenti e similari edizioni curate da "Rivista Militare", fa riferimento all'età moderna, che del Rinascimento costituisce la naturale e proteiforme proiezione storiografica.

Nel licenziare le pagine di questo lavoro - scaturito anch'esso dalla penna di Flavio Russo, del quale è ben nota l'autorevolezza di studioso e scrittore di cose militari - può essere utile riflettere brevemente sulla portata storica, scientifica e politica della nozione di "era moderna", per coglierne, in un quadro d'insieme, le molteplici ricadute e implicazioni che, in relazione ad essa, si sono prodotte sul piano prettamente militare.

Sui banchi di scuola abbiamo appreso che il mondo antico termina nel 476 d.C., con la caduta dell'Impero romano d'Occidente; che il medioevo, nel 1492, con la scoperta dell'America, lascia il posto all'era moderna; che questa, a sua volta, cede il passo, nel 1815, con la chiusura del Congresso di Vienna, all'età contemporanea.

Insomma, un medioevo lungo mille anni e un evo moderno contenuto in tre secoli.

Trecento anni durante i quali la ricerca si libera dalla fisica aristotelica e inizia a dare un'impostazione empirica al metodo d'indagine scientifica, per cui le scienze naturali non si basano più sulla magia, ma sono guidate da una concezione imperniata sul nesso esperienza-ragione.

Tre secoli che vedono la nascita dello Stato moderno, quello che inciderà tanto sull'evoluzione delle società e dei sistemi politici e che instaurerà il principio di monopolio dell'uso della forza, associandolo alla severa regola "*cuius regio, eius religio",* sancita nel Trattato conseguente alla Pace di Augusta del 1555 e poi confermata dalla Pace di Westfalia del 1648. Una regola che, prescrivendo "*di chi è il potere, di lui sia la religione*", configurerà e legittimerà la nascita di una forma di governo dai caratteri spiccatamente monocratici e incline a mantenere un controllo rigido non solo sulle questioni di fede ma anche sui sistemi economici, sulle dinamiche politiche e sulla stessa evoluzione culturale.

In un tale contesto, nel quale le guerre di religione e poi dinastiche si fanno sempre più frequenti e cruente, nascono gli eserciti permanenti. Le truppe vengono reclutate direttamente dai sovrani, gli unici in grado di finanziare una compagine ben organizzata e dotata di un servizio d'intendenza capace di garantire funzioni di sussistenza, produzione e approvvigionamento di mezzi, materiali e armamenti.

Non è un caso che, proprio a partire dalla fine del XV secolo, si comincia a capire che in guerra la semplice forza fisica e la destrezza dell'arciere e del balestriere non sono più sufficienti e che occorrono braccia più forti per aumentare la gittata delle armi.

E, allora, i lancieri vengono a poco a poco sostituiti dai dragoni, i primi archibugieri a cavallo; i duelli individuali combattuti con scudi, lance e spade lasciano il posto all'arma da fuoco individuale e all'artiglieria leggera, che danno il colpo di grazia alla cavalleria; il numero dei combattenti cresce sensibilmente; il volume di fuoco delle nuove armi diventa fattore decisivo nel determinare l'esito delle battaglie.

Nei secoli successivi importanti scoperte influenzano non poco il modo di concepire la guerra, che perde ogni carattere di semplice rivalità tra principi feudali e diventa il mezzo per difendere o accrescere il potere economico, politico e militare degli Stati.

La scienza, perciò, si va sempre più accompagnando alla guerra, e questo connubio porta a straordinarie innovazioni tecnologiche attraverso la sperimentazione di "*macchine*" dai congegni sempre più sofisticati, capaci di creare maggiori insidie per l'avversario, abbattere le barriere della fisica e, soprattutto, ridurre la fatica quotidiana e le perdite umane: un formidabile patrimonio di capacità creative e di realizzazioni che aprono, nel tempo, preziose opportunità di applicazione pratica nei più diversi settori della vita civile dei popoli.

Le pagine che seguono - efficacemente ravvivate da un apparato iconografico che corre parallelamente al testo, rappresentandone e semplificandone il senso - stanno ancora una volta ad attestare che la storia degli eserciti e quella dell'evoluzione della scienza sono la stessa cosa, in quanto tutti i progressi della tecnica sono intimamente legati allo sviluppo del pensiero militare.

Il lettore avrà modo di scoprire tutto questo compulsando le pagine di questo volume.

Il mio auspicio è che la larga messe di informazioni di alto valore scientifico e storico in esso contenute possa valere a rafforzare, presso la pubblica opinione e i massimi centri della cultura nazionale, la consapevolezza del ruolo trainante svolto dalla cultura militare lungo il cammino della civiltà umana.

E, in tale quadro, mettere in luce gli apporti straordinari che l'Esercito e, più in generale, le Forze Armate hanno dato e continuano a dare per il progresso civile, sociale e democratico della Nazione.

Buona lettura

IL CAPO DI STATO MAGGIORE DELL'ESERCITO
Generale di Corpo d'Armata Claudio GRAZIANO

Prefazione tecnica

Ancora una volta mi è stato chiesto di scrivere alcune righe di prefazione per un libro di Flavio e Ferruccio Russo. Ed ancora una volta accetto di scrivere queste poche righe con grande piacere; questo essenzialmente per due motivi.

Il primo riguarda il fatto che, oltre ad essere amico degli autori, li stimo molto dal punto di vista professionale. Anche io mi occupo di argomenti di storia della Scienza e dell'Ingegneria in particolare e trovo che, su tali argomenti, i "nostri" svolgano un'opera importantissima di divulgazione scientifica basata su serie ricerche ed illustrata da tavole precise ed anche molto belle dal punto di vista pittorico. In questo, il quarto libro della serie non si discosta, per la sua qualità, da quelli che lo hanno preceduto.

Il secondo motivo risiede nel fatto che, dopo tante conversazioni con gli autori riguardo ad alcuni degli aspetti trattati, ho, ancora una volta, la possibilità di guardare la bozza del libro in anteprima.

Ma veniamo, molto brevemente, al libro: esso è diviso in gruppi di argomenti.

Devo premettere che, generalmente, non ho particolare simpatia per le schematizzazioni e per gli "incasellamenti" troppo spinti. Trovo infatti che voler collocare fatti e "cose" in rigide caselle sia contrario ad una visione a più ampio respiro che la scienza deve (secondo me) avere; da questo punto di vista non sono uno strenuo seguace di Linneo... Tuttavia, riconosco che un qualche tipo di raggruppamento per argomento di ciò che viene presentato debba necessariamente essere fatto. Premetto questo perché, proprio da questo punto di vista, ho trovato molto interessante la suddivisione che gli autori hanno scelto per presentare gli argomenti trattati. A parer mio essa rende più stimolante la lettura del libro ed avvicina anche il pubblico dei "non specialisti" a questi argomenti.

In conclusione ha una valenza almeno duplice:

Da un lato rappresenta un'opera di divulgazione delle conoscenze e delle realizzazioni nei campi della Scienza e della Tecnica nei periodi storici esaminati; siccome l'opera è scritta ed illustrata in modo piacevole, può essere letta con molto interesse anche dai "non addetti".

Da un altro punto di vista, poi, le ricerche alla base sia del testo che delle illustrazioni inedite sono state condotte con molta serietà e quindi il libro è sicuramente di notevole interesse anche per coloro che svolgono ricerche sugli argomenti e sui periodi storici trattati.

Infine vorrei fare una considerazione sulla materia trattata.

Come ho già accennato in una prefazione ad un libro precedente, lo studio della Storia dell'Ingegneria, o della Scienza e della Tecnica, è l'argomento di corsi tenuti (in genere da un "Full Professor") nelle più prestigiose Università degli Stati Uniti d'America dove la materia gode di grande considerazione. In Europa, invece, l'attenzione, per questa materia è molto meno forte; ed ancor meno lo è in Italia. Per questo motivo ritengo sia segno di grande sensibilità da parte degli Uffici Storici delle nostre Forze Armate il loro (giusto e lodevole) interesse verso questo tipo di studi. Questo rappresenta un validissimo contributo all'approfondimento culturale delle nostre "radici"; radici intese anche in senso lato.

Cesare Rossi
Ordinario di Meccanica Applicata alle Macchine
Dipartimento di Ingegneria Industriale
Università di Napoli – "Federico II"

Prefazione

Nell'introduzione del primo volume relativo all'Età classica, dopo aver esposto una serie di precisazioni circa il significato storico ed etimologico da assegnare alle invenzioni e alle scoperte, alla meccanica e all'ingegneria, evidenziai come alle spalle di un ampio ventaglio di inediti debutti tecnologici, invenzioni più o meno complete, vi fossero pochissimi ideatori. Scarsità che induceva a credere, parafrasando una nota affermazione di Winston Churchill, che mai più di allora tanti uomini dovessero tanto a tanti pochi! La realtà, ovviamente, fu nettamente diversa per una serie di ragioni, tra cui la prassi di attribuire ai soli maestri piuttosto che ai singoli allievi ogni novità, esaltata dalla sciatta storiografia coeva poco interessata al settore, abbagliata com'era dal luccichio delle armi. Con l'avvento dell'Età moderna la situazione s'inverte vistosamente: poche le novità tecnologiche, prive di risapute premesse o di efficienti archetipi, e per contro moltissimi i nomi pervenutici che a diverso titolo presero parte alla loro elaborazione, caratterizzata da miriadi di perfezionamenti più o meno marginali.

Volendo esemplificare è fuor di dubbio che rudimentali lenti d'ingrandimento fossero utilizzate in Età classica, anticipazione che infatti non mancai di far osservare; analogamente ricordai che intorno al XIII secolo, in piena Età medievale, con lenti similari si realizzarono degli occhiali per la vista e, stando a molteplici plausibili testimonianze e a dettagliate descrizioni, anche degli strumenti ottici in grado di avvicinare gli oggetti, ovvero degli antesignani cannocchiali. Del resto, quando Galileo Galilei costruì il suo rinomato cannocchiale qualcosa del genere esisteva ormai da tempo. Era però, diversamente dai più antichi, un affidabile apparecchio scientifico costruito secondo meticolosi principi fisico-matematici con prestazioni calcolate e verificate: in pratica una realtà concettualmente vecchia ma scientificamente nuovissima e dalle conseguenze rivoluzionarie. Prendendo spunto dalla biologia, una vera dinastia di invenzioni in cui ciascuna pur ostentando i caratteri generali comuni è tuttavia distinta per peculiarità e distante per cronologia dalle altre, al punto da costituire a giusta ragione una realizzazione del tutto indipendente.

Sostanzialmente simile la vicenda relativa all'evolversi del cannone, la cui origine in forma incerta e nebulosa è motivatamente collocabile sul finire del secolo XIII. Ma si trattava senza ombra di dubbio di un pezzo d'artiglieria propriamente detto o non piuttosto di un curioso gioco pirotecnico, la cui principale prestazione consisteva nell'emettere un terrificante boato? Improbo dirimere il quesito vuoi perché occorrerebbe stabilire prioritariamente cosa debba intendersi per cannone vuoi perché bisognerebbe disporre di fonti che si attengano a tale distinzione. Di certo, però, agli inizi del secolo successivo le bombarde iniziano a dominare gli scenari ossidionali e progressivamente persino le operazioni

Sotto: *fotocomposizione delle lenti di Pompei, degli occhiali medievali e del cannocchiale moderno.*

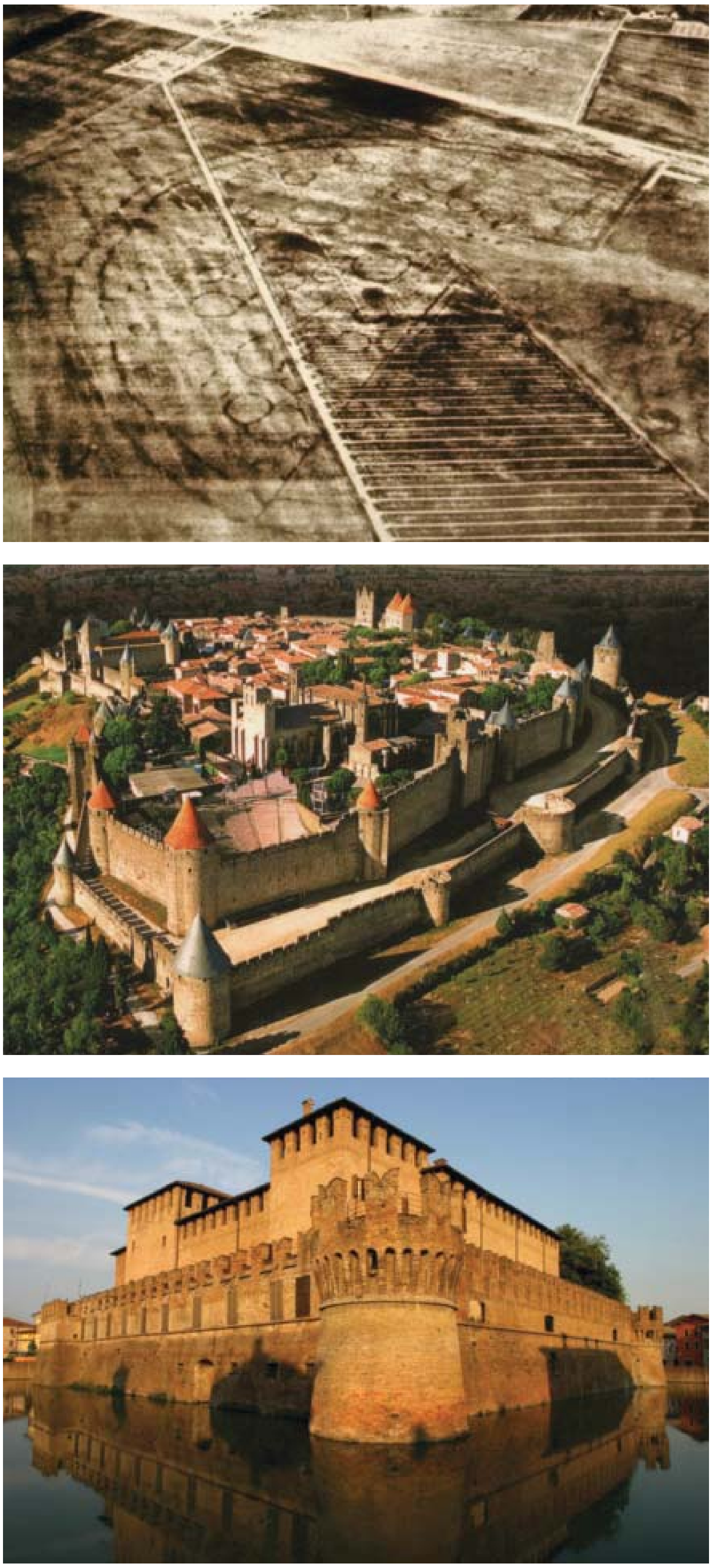
Sopra: *fotocomposizione di una primitiva bocca da fuoco, di una grande bombarda e di un moderno cannone su affusto.*

campali, senza per questo potersi ancora considerare dei cannoni a tutti gli effetti, ma piuttosto delle macchine termiche specializzate in demolizioni a distanza, congegni ben diversi quindi da un'arma da fuoco. Del resto ancora agli inizi del '500 Niccolò Machiavelli non si asteneva dal ribadire che l'impiego di quelle bocche da fuoco in fazione campale si dimostrava più letale per chi le maneggiava che per chi ne subiva il tiro. Confermavano per la loro insormontabile rozzezza, in ogni singola componente dalla polvere pirica alle palle lapidee, dalle carrette adattate alla meno peggio al loro affustamento, all'esasperante lentezza dei trasferimenti penosamente mossi da intere mandrie bovine, la rimarchevole diversità dal cannone, che di lì a breve avrebbe dato voce alla Storia. Dalla metà dello stesso secolo, infatti, l'invenzione muta in maniera drastica: i moderni cannoni destinati a sparare palle di ferro, incavalcati su razionali affusti trainati da focosi cavalli, nulla hanno in comune, se non il boato, con le precedenti artiglierie. Certamente il debutto dell'arma, quale che fosse, era medievale come del resto il suo accrescersi dimensionale, ma quando cesserà di farsi sempre più grossa, nell'ingenua ambizione di fornire maggiore potenza a scapito della mobilità d'impiego, per divenire finalmente più grande, per prestazioni e per utilizzo, sarà l'avvento del cannone. Le sue peculiarità attinte dopo una teoria di trasformazioni stravolgenti non muteranno ulteriormente fin quasi al XIX secolo, e la connotazione così attinta non potrà trascurarsi in quanto ovvia evoluzione della rozza premessa medievale. A rimarcarne la diversità pur nell'ambito dello stesso scorcio storico, le vistose conseguenze architettoniche, prive di qualsiasi precedente. Da quel momento, infatti, il cannone renderà obsolete tutte le fortificazioni esistenti e il criterio stesso del loro impianto, determinando la nascita di una nuova linea nota in architettura militare come *trace italienne*, e più in generale come fronte bastionato.

Analogo discorso, del resto anche per le fortificazioni la cui origine si perde nella notte dei tempi di oltre dieci millenni fa. Molte le mutazioni nel corso di una tanto prolungata adozione, peraltro ben lontana dall'essere esaurita, ma pochissime quelle realmente stravolgenti. Tale fu a esempio, intorno al IV millennio a.C., l'adozione sistematica delle torri sporgenti dalle cortine per la loro difesa avanzata, che darà origine al longevo binomio

torri-cortine che, emblematicamente trasformato in una corona turrita, fregia l'icona nazionale. Tale fu ancora, come accennato, l'adozione del bastione che porrà termine, agli inizi del XVI secolo, a quell'incontrastata interminabile concezione dopo una agonia di quasi due secoli dettata dal disperato tentativo di fronteggiare con incrementi di spessore gli incrementi delle bombarde. Non più l'opera di uno scaltro architetto o di un avveduto ingegnere ma la sintesi dei rilievi di accorti topografi e dei tracciati di accurati matematici i soli in grado di adattare al terreno quelle incredibili generatrici a forma di stella, seguendo le indicazioni dei tecnici d'artiglieria. La rivoluzionaria architettura militare ad assorbimento d'urto, con masse esposte soffici e terrapienate dai contorni rigidamente geometrici, fu ancora una volta una soluzione italiana che sebbene non possa di per sé considerarsi una novità assoluta, lo divenne nel settore per mancanza di precedenti analogie e per divergenza d'impiego, destinato anch'esso a protrarsi fino oltre la metà del XIX secolo.

E che dire infine di un ennesimo esempio che ancora trova ampia adozione sia in ambito militare che civile, dando luogo persino ad abusati modi di dire quali 'dito sul grilletto', 'premere il grilletto' o 'grilletto facile'! Per paradossale che possa sembrare, quell'umile organo di comando, presente in tutte le armi individuali e in numerosi elettro-utensili civili, è l'esito di un'invenzione estremamente remota nel tempo e nello spazio. Comparve, infatti, per la prima volta, per quanto siamo in grado di appurare, sullo scatto di sofisticate balestre cinesi realizzate durante la dinastia Han, a cavallo tra il II secolo a.C. ed il II d.C. Diversamente dalle occidentali diffusesi e perfezionatesi a partire dal Medioevo, la balestra Han poteva letteralmente impugnarsi, ovvero maneggiarsi con una sola mano, al pari di una moderna pistola, delegando a un antesignano grilletto lo sgancio della corda. Sebbene più grande, forse per l'impiego con tutte le dita ad eccezione del pollice, il grilletto cinese era protetto pure da un archetto, che ne impediva l'azionamento accidentale esattamente come nelle nostre armi, costituendone perciò l'antenato per forma e funzione. Va osservato che il grilletto per le armi da fuoco comparve, con un certo ritardo dopo il XVI secolo, soltanto su quelle cosiddette manesche e poi individuali, con prestazioni alquanto diverse. Pertanto il moderno dispositivo di scatto pur essendo un indubbio, ancor-



Sopra: *fotocomposizione di cerchie preistoriche, cortine turrite medievali e fortezze rinascimentali.*

2011

ché involontario, discendente dell'antico orientale, non può ignorarsi perché già esposto descrivendo detta balestra, ma costituendo un'autonoma invenzione dettata dallo studio dei movimenti secondo una logica fisico-dinamica, necessita di una distinta esposizione.

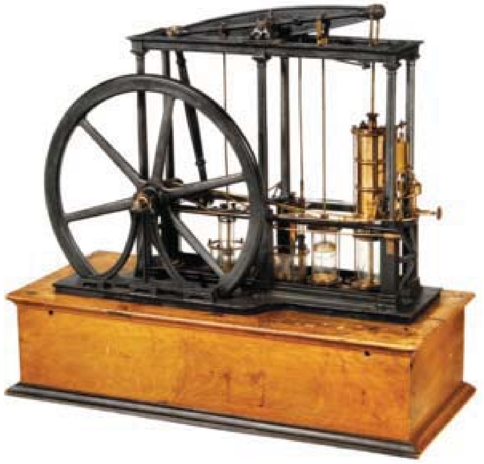
Da tutti gli esempi descritti se ne può trarre un'unica conclusione: il mutare di un congegno spesso dà origine a una nuova invenzione! E proprio in questa mutazione sta la principale peculiarità dell'Età moderna: i suoi tanti studiosi e cultori delle discipline fisico-matematiche si cimentarono nelle loro ricerche e nelle loro invenzioni partendo quasi sempre da concetti antichi fumosamente esposti nei testi classici, approssimativamente riconoscibili in bassorilievi e affreschi, e non di rado ancora presenti sia pure sotto forma di ferri vecchi. Applicando a quel vasto repertorio, ingenuo e giubilato, i rivoluzionari criteri guida basati sulla montante cultura scientifica, i risultati divennero presto evidenti e ragguardevoli, sebbene non del tutto inediti. Lo stantuffo che si muoverà con perfetta aderenza nel cilindro della macchina a vapore è lo stesso di quello realizzato da Ctesibio e lubrificato con olio d'oliva, come del resto è identico il getto di vapore prodotto dalla ebollizione dell'acqua nella sua eolipila: ma nella diversa combinazione di quei congegni sta la rivoluzionaria novità della macchina a vapore.

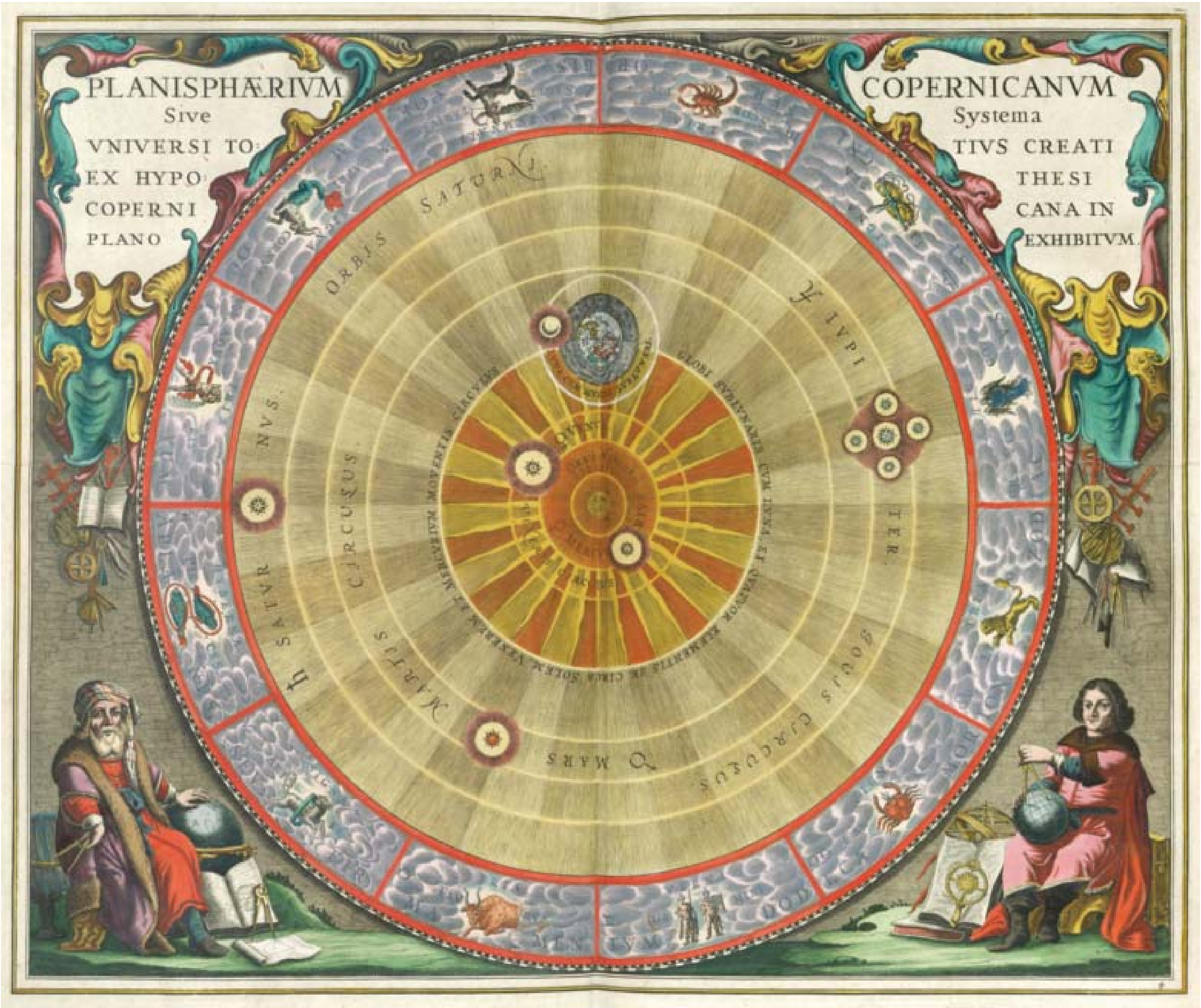
Il che porta a una semplice considerazione da tenere presente nelle pagine che seguono: molte delle innovazioni che vi sono esposte, descritte, illustrate e testimoniate sono la nuova risultante di vecchie soluzioni tecniche che in quanto tali ho già esposto nei precedenti volumi. Ma in questa inedita realtà foriera di sviluppi e di applicazioni nel passato in alcun modo previsti, prevedibili, ricercati e utilizzati sta la rivoluzione tecnologica dell'Età moderna, in particolare in quella di matrice militare. Per rimarcare gli esempi precedenti non è 'nuovo' un rudimentale insieme di rozze lenti, ma lo è invece un preciso assemblaggio delle stesse, secondo una razionale collocazione in adeguato tubo. Non è 'nuova' l'espulsione da uno sbilenco tubo di una approssimata palla di pietra per l'esplosione di polvere pirica; lo è invece quella di una precisa sfera di ferro da un perfetto cilindro capace di sfruttare al massimo l'energia di combustione. Non è un recinto di pietre o un anello murario la novità difensiva: lo è invece in Età moderna la sua capacità di resistere per i particolari accorgimenti costruttivi al tiro delle artiglierie e al contempo ottimizzarne le prestazioni grazie a tracciati d'impianto geometricamente ponderati. Non è infine nuova l'impugnatura a pistola, ma lo diviene non avendo alcun precedente nelle armi da fuoco individuali.

Pertanto dovrà interpretarsi in questa maniera l'apparente riproporsi di alcune soluzioni che furono già esposte nei precedenti volumi, costituendo i passi prodromici di un lungo itinerario del quale il luogo di partenza è talmente lontano e diverso da quello di arrivo da far perdere la cognizione di un avanzamento per tappe indipendenti.

Nella pagina a fianco: *fotocomposizione del grilletto balestra Han, del grilletto di una pistola e di un trapano manuale.*

Sotto: *fotocomposizione della pompa di epoca romana basata sull'invenzione di Ctesibio e della macchina a vapore.*





Rappresentazione dell'universo eliocentrico secondo il modello di Niccolò Copernico. Stampa del XVIII sec.

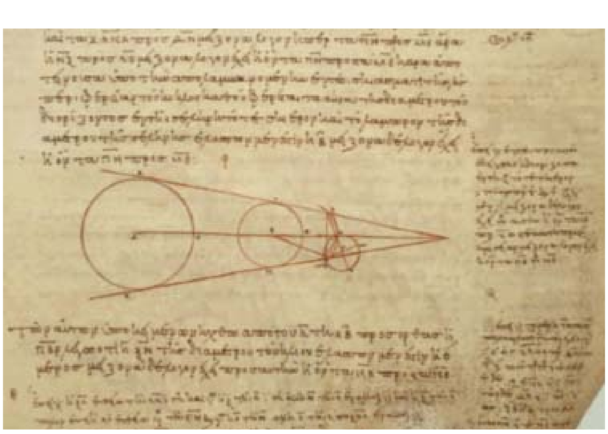
Premessa - La rivoluzione copernicana

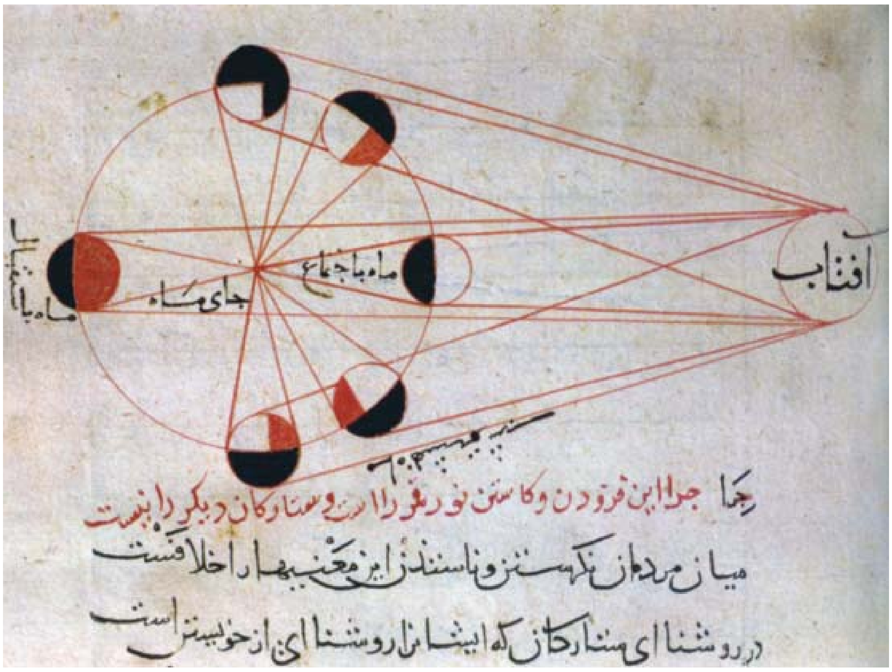
L'idea, di per se non era affatto nuova né rivoluzionaria: Aristarco di Samo, 310-230 a.C., sul finire del IV sec. a.C. l'aveva chiaramente esposta, e forse neppure allora fu il primo a concepirla, teoria che quasi due millenni dopo, confermata da semplici osservazioni astronomiche, sarà definita *eliocentrismo* in antitesi al *geocentrismo*, sorretto da un'apparente evidenza e, soprattutto, da ottuse interpretazioni religiose.[1] Archimede, al quale non difettavano né lo spirito critico né l'acume razionale, così la riassunse ne *L'Arenario*: "*Aristarco ha pubblicato un libro contenente certe ipotesi da cui appare, come conseguenza delle assunzioni fatte, che l'universo è molte volte più grande dell'universo appena citato. Le sue ipotesi sono che il sole e le stelle fisse restano ferme, che la terra gira intorno al sole sulla circonferenza di un cerchio di cui il sole occupa il centro, e che la sfera delle stelle fisse, situata intorno allo stesso centro, è così grande che il cerchio in cui egli suppone che la terra si muova dista dalle stelle fisse tanto quanto il centro della sfera dista dalla sua superficie.*"[2] Stupisce, se mai, l'enorme arco cronologico intercorso tra la misconosciuta formulazione di Aristarco e la celeberrima di Copernico, 1473-1543, intervallo privo di qualsiasi riproposizione dell'eliocentrismo anche parziale e che non può imputarsi alla eccessiva complessità della verifica della teoria. Banale, infatti, il suo criterio informatore: se la Terra fosse stata il centro dell'Universo intorno al quale ruotavano oltre al Sole anche tutti gli altri pianeti, essendo le relative orbite circolari, la distanza di ciascuno dalla Terra stessa doveva restare sempre identica! In altre parole si sarebbero dovuti osservare sempre con la medesima grandezza, costanza che persino una visione sommaria di un dilettante astronomo avrebbe smentito, dal momento che proprio quella distanza vistosamente muta, senza eccezioni, giorno dopo giorno!

1 Cfr L. RUSSO, *La rivoluzione dimenticata*, terza edizione, Milano 2003, pp. 112-14.

2 Da ARCHIMEDE, *Arenario*, II, 135. La traduzione è tratta da Rodolfo Boggio, *Aristarco di Samo*.

A fianco: *ritratto di Copernico.*
Sotto: *schema di Aristarco di Samo per il calcolo delle dimensioni del Sole, della Terra e della Luna.*





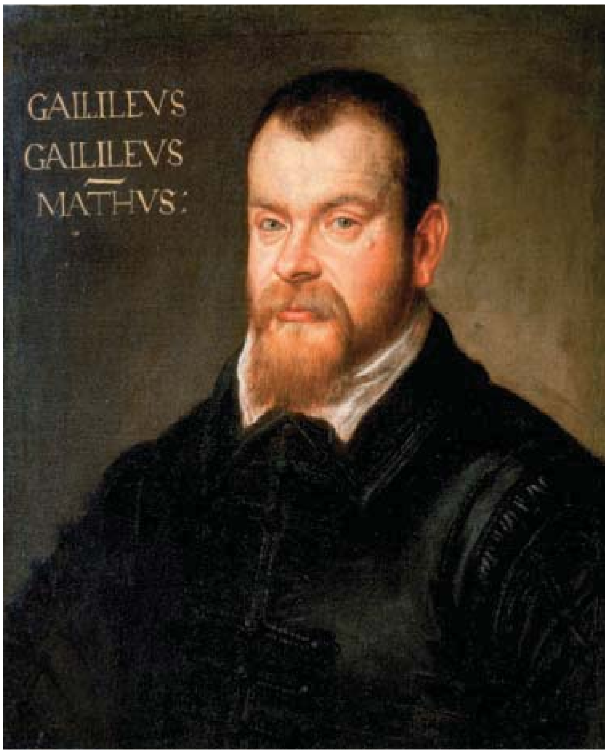
Miniatura tratta da un codice di al-Biruni, astronomo arabo del X sec. Rappresenta le varie fasi della Luna in funzione della sua posizione nei confronti del Sole. In pratica un modello eliocentrico.

Quel facile riscontro che richiedeva poche notti di osservazioni astronomiche, non fu fatto o forse, più verosimilmente, non lo si volle mai fare determinando così il prevalere di una fanatica credenza su di una realtà scientifica. Generazioni dopo generazioni di astronomi avvicendatisi in quei lunghi 18 secoli scrutarono, notte dopo notte, il cielo: ebbero sicuramente dei dubbi al riguardo ma non li esternarono ribadendo col loro silenzio il falso. E quando finalmente iniziò a farsi strada la nuova concezione, frutto di reiterate esperienze e attente verifiche, quel mondo mummificato si dissolse rapidamente, e senza rimpianti, profilandosi un progresso utile ai concreti bisogni dell'umanità! E, non a caso, proprio in quello snodo storico l'astrologia si mutò in astronomia, forte dell'ausilio ricevuto da adeguati strumenti ottici prodotti dalla più avanzata tecnologia. Alla cupa superstizione subentrava la luminosa istruzione!

Si inizia così a manifestare, attraverso una stretta correlazione fra tecnica e scienza, la nuova vicenda culturale che scandirà l'Età moderna, che da quella cooperazione trarrà uno slancio evolutivo privo di analogie nella Storia. L'orgogliosa supponenza che aveva tenuto tanto a lungo distinte e distanti le conoscenze scientifiche dalle realizzazioni tecniche, finalmente iniziò a dissolversi consentendo dall'inedita sinergia immediati progressi e importanti scoperte, in un crescendo continuo. La tecnica fu così finalmente riabilitata e l'ingegneria da mestiere di *vil meccanici* divenne il vero motore del progresso. Pertanto: "*se l'universo ha le sue leggi fisiche, e possiede la sua geometria, anche la tecnica deve conoscerle, poiché ogni tecnica deriva dalla natura. Se i tecnici avevano dunque potuto, in una certa misura, indirizzare gli scienziati su vie nuove che li avevano condotti a importanti scoperte, a loro volta gli scienziati potevano ormai dare consigli ai tecnici, soprattutto nel caso in cui fossero 'uomini senza lettere'... Di ciò erano persuasi tutti gli uomini di quell'epoca importante che fu la fine del Cinquecento, l'epoca di Galileo e della legge d'inerzia, di Mercatore e della sua cartografia moderna, di Lee e della sua macchina da maglieria meccanica. Animati da una speranza troppo grande, troppo ambiziosi in proporzione alle loro capacità intellettuali, i tecnici del Rinascimento e degli albori dell'Età moderna poterono credere che ormai tutto fosse loro possibile. I loro successori immediati conobbero un domani difficile e forse incontrarono insuccessi e delusioni... Si dovette, dunque, tornare per un certo periodo di tempo a concezioni più tradizionali. La scienza degli ingegneri fece posto all'arte; descrizione e perfezionamento delle arti, come s'intitola ancora verso la metà del Settecento la grande raccolta tecnica dell'Accademia delle Scienze di Parigi.*"[3]

Nonostante le accennate difficoltà iniziali, la nuova scienza che riceverà proprio da Galileo Galilei la sua formulazione canonica, basata sulla stretta interdipendenza tra esperienza e scienza, e più ancora dalla correlazione tra strumenti tecnici e osservazioni scientifiche, fu la connotazione peculiare dell'Età moderna. In sintesi estrema l'affermazione di una conoscenza oggettiva sempre verificabile! Così Galilei esemplificava la matrice di quanto delineato osservando l'Arsenale di Venezia: "*Largo campo di filosofare a gl'intelletti speculativi parmi che porga la frequente pratica del famoso arsenale di voi, Si-*

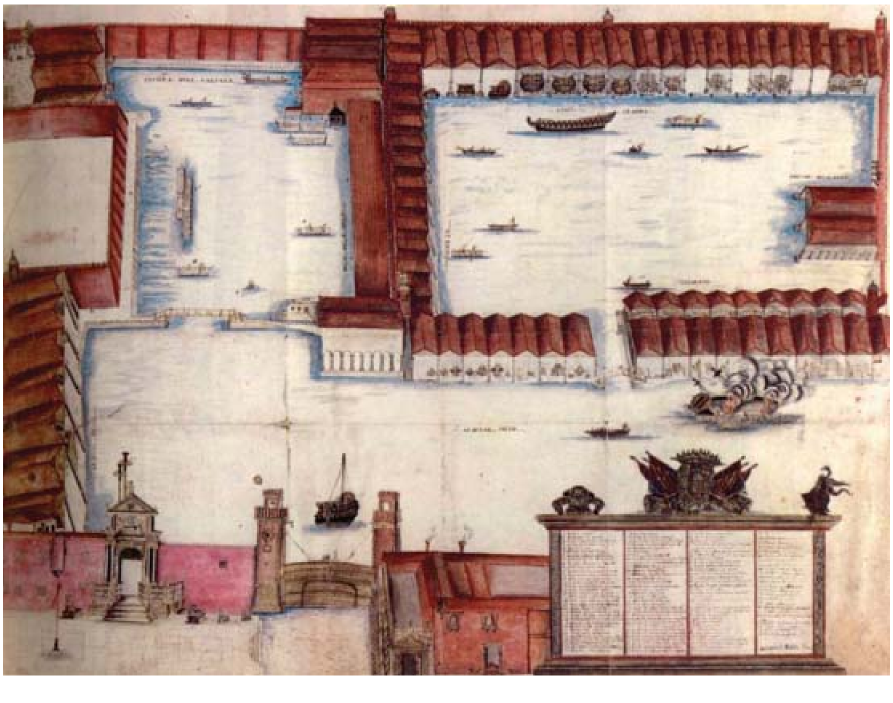
3 Da B. GILLE, *Leonardo e gli ingegneri del Rinascimento*, Varese 1972, p. 280.



gnori Veneziani, ed in particolare in quella parte che meccanica si domanda; atteso che quivi ogni sorta di strumento e di macchina vien continuamente posta in opera da numero grande d'artefici, tra i quali, e per l'osservazioni fatte da i loro antedecessori, e per quelle che di propria avvertenza vanno continuamente per se stessi facendo, è forza che ve ne siano di peritissimi e di finissimo discorso."[4] Il metodo sperimentale veniva pertanto posto al centro del processo di conoscenza scientifica, come in passato già avevano auspicato illustri studiosi tra i quali Leonardo da Vinci che sintetizzò lapidariamente: "*La sapienza è figliola dell'esperienza.*"[5] Volendo ulteriormente precisarne il criterio sul quale insiste la nostra attuale civiltà va osservato che: "*quando si dice 'metodo sperimentale' si corre il rischio di generare nel lettore moderno un pericoloso equivoco; la locuzione richiama qualcosa di molto preciso, noto persino a chi non si occupa di scienza: l'esperimento, nella sua forma più semplice, consiste nel far accadere un certo fenomeno, ad esempio la caduta di un corpo pesante o la separazione dell'acqua nei suoi componenti idrogeno e ossigeno. Per poter studiare quel fenomeno bisogna farlo avvenire molte volte, limitando al minimo indispensabile, e possibilmente annullando le interferenze accidentali dell'ambiente; e bisogna soprattutto poter misurare le grandezze di tutti i parametri coinvolti…*

Questo metodo sperimentale è ignoto all'antichità e al Rinascimento… Si può dire che il Seicento sia il grande secolo della rivoluzione scientifica, e che Galileo ne sia il massimo rappresentante… Ma il metodo sperimentale non nasce nella scienza, viene dalla tecnica; sono le macchine che lo insegnano; è l'esperienza di officina e di cantiere, che l'ha sempre conosciuto, ad offrirlo alla scienza. La quale, dopo averlo disprezzato e ignorato per secoli, finalmente vi ricorre; nascono nel Seicento i modelli meccanici… È evidente che la scoperta teorica della macchina ha il suo presupposto nel grande sviluppo che hanno avuto le tecniche nel XIV e nel XVII secolo. In questo periodo si scoprono nuove macchine (rilevantissime le armi da fuoco) se ne perfezionano altre (specie quelle idrauliche), se ne mettono a punto altre ancora in grado di ri-

In alto a sinistra: *ritratto di Galileo Galilei.*
Sotto: *Antonio di Natale, Pianta dell'Arsenale di Venezia, secolo XVII, Venezia, Museo Civico Correr.*



4 Da G. GALILEI, *Nuove scienze*, in *Opere*, a cura di F. Flora, 1953, p. 855.
5 L. da VINCI, *Pensieri*, in *Scritti letterari*, a cura di A. Marinoni, Milano 1974, proposizione n° 40, p. 69.

levazioni precise (orologi, telescopi, ecc...). L'uso di queste macchine, con gli effetti evidenti che arrecano nella vita reale degli uomini, suscita la convinzione che, proprio poggiandosi su di esse, si possa instaurare un sapere non contemplativo, inserito attivamente nella vita pratica... Questo passaggio è tutt'altro che rapido... ma questo non toglie che la fabbricazione di armi e la ricerca per aumentarne l'efficacia... prendano gradualmente carattere industriale..."[6]

Non può sottovalutarsi nell'affermazione del metodo sperimentale, che poneva la pratica alla base della conoscenza, il ruolo giocato dal crollo delle certezze provocato dalle nuove teorie su fenomeni apparentemente evidenti e ovvi, come il ruotare del Sole intorno alla Terra. Col loro venir meno, la sfiducia e la ricusazione si estesero rapidamente a tutto il sapere scientifico antico ritenendolo privo di fondamenti concreti, con la conseguenza di innalzare a unica fonte di sapere la pratica! In realtà bisogna guardarsi: "*...dalla tentazione d'accentuare eccessivamente gli inizi del ravvicinamento della scienza e della tecnologia, le cui conseguenze hanno assunto ai giorni nostri un'immensa importanza. Lo svilupparsi di una mentalità scientifica fu un aspetto caratteristico del Rinascimento: gli uomini non accettavano più senza discussione le opinioni degli antichi sull'universo e sulle leggi che governavano la natura; i dogmi erano sottoposti a esperimento e respinti quando l'esperimento non li convalidava, per lasciare il posto a nuove teorie. Nacque così la scienza nel senso moderno della parola... Ma le conseguenze immediate in campo tecnologico furono confinate in pochi settori specializzati... Nel complesso, sino al 1750 trasse più vantaggi la scienza dalla tecnologia che non questa da quella...*"[7]

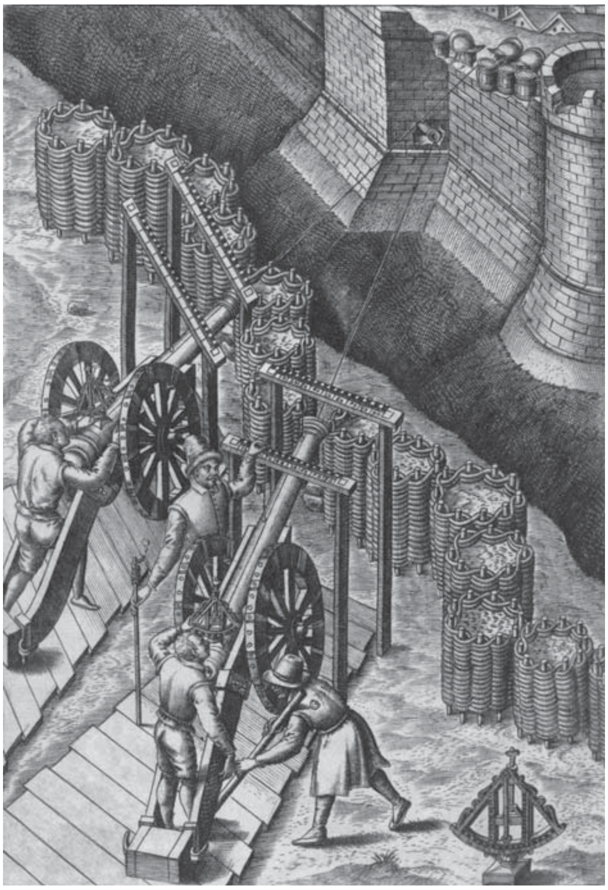
Non mancarono altre concause all'istaurarsi di una società più tecnica, tra le quali anche: "*...la scomparsa della schiavitù* [che] *favorì lo sviluppo della mentalità sperimentale. Poiché il lavoro manuale non era più considerato un'occupazione servile, gli uomini di scienza non sdegnarono di costruire macchine e dedicarsi agli esperimenti...*[8] *Così l'evoluzione sociale dell'umanità determinò le condizioni di una nuova età della scienza... Il risveglio tecnologico nel mondo occidentale durante i secoli XIII e XIV colpisce soprattutto perché viene subito dopo il periodo nel quale lo sforzo inventivo degli antichi sembrò se non perduto, almeno disconosciuto... Nell'età del Rinascimento scienza e tecnica si connettono tra loro in modo ancora indiretto. Gli studiosi di scienza sono nello stesso tempo anche tecnici, se non tutti almeno in grande maggioranza... Soprattutto la meccanica applicata trova allora accoglienze favorevoli. La nuova mentalità induce gli uomini ad utilizzare nel miglior modo possibile tutte le risorse naturali: forza dell'acqua, del vento, vie d'acqua, miniere, foreste, terreni...*"[9]

Ma queste competenze e queste finalità sono a ben guardare quelle precipue degli ingegneri, che cercano in base alle loro conoscenze di costruire nuovi 'ingegni', e macchine che sfruttino meglio le fonti energetiche primarie permettendo perciò ad altri nuovi congegni di produrre di più con minore mano d'opera e a minor costo. Pertanto nell'arte meccanica: "*uno studioso come Agostino Ramelli*

6 Da A. MONDINI, *Storia della tecnica*, Torino 1977, vol. III, pp. 2-3.
7 Da T. K. DERRY, T. I. WILLIAMS, *Tecnologia e civiltà occidentale. Storia della tecnica e dei suoi effetti economico-sociali*, Torino 1968, p. 56.
8 Sull'argomento cfr. E. CICCOTTI, *Il tramonto della schiavitù nel mondo antico*, Bari 1977, vol. II, pp. 297 e segg.

9 Da M. DAUMAS, *Storia della Scienza*, Bari 1969, vol. I, pp. 71-72.

Sotto: *Tavola tratta dall'opera di Agostino Ramelli, relativa alla punteria delle artiglierie.*



poteva vedere senza alcuna esitazione 'la fonte, l'origine del progresso umano, il segno del passaggio dallo stato primitivo allo stato civile'. Laddove Archimede aveva creato la meccanica come 'arte nobile et pregiata', gli ingegneri e gli scienziati del Cinquecento e del Seicento la trasformarono definitivamente in un formidabile strumento conoscitivo. Attraverso un intricato processo intellettuale... la produzione umana venne progressivamente rivalutata. I frutti dell'arte considerati inferiori nell'antichità furono finalmente posti sullo stesso piano dei prodotti della natura, aprendo la strada a un importante ribaltamento di valori."[10]

Il trionfo dell'ingegneria

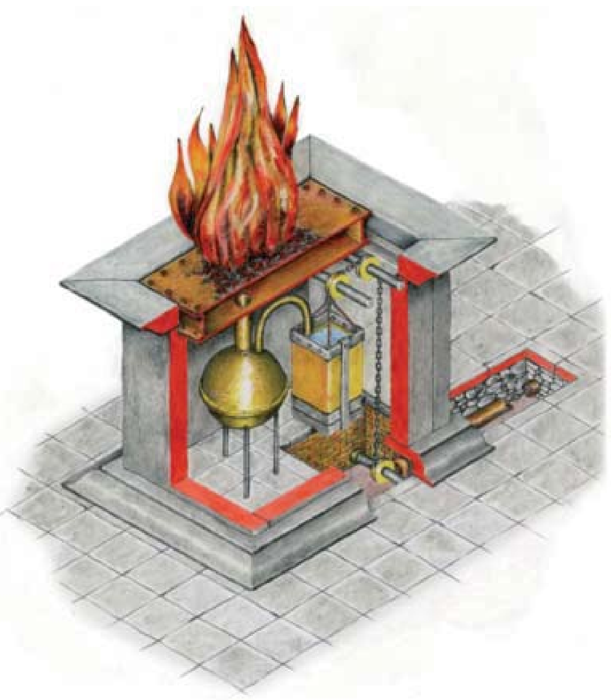
Quanto sommariamente delineato porta a concludere che: "*lungo l'arco di tre secoli, dal 1400 al 1700, si sviluppò una importante revisione del rapporto tra filosofia e arti meccaniche che doveva condurre addirittura al ribaltamento dell'antica concezione aristotelica dell'arte come semplice* imitatio naturae. *Nella valutazione di letterati, filosofi, uomini politici e artisti, i procedimenti degli artigiani e degli ingegneri vennero infatti visti in quegli anni con occhi finalmente interessati e pronti a sottolineare la loro utilità per la collettività e per lo stesso progresso nelle conoscenze dell'uomo... Negli stessi trattati del Cinquecento... troviamo quasi sempre sottolineato il carattere 'nobile e pregiato' della meccanica, degli studi di Archimede rinnovati nei lavori di Simone Servino, di Nicolò Tartaglia, di Guidobaldo Del Monte e di Giovanbattista Benedetti. Capire il funzionamento delle leve, indagare sulla prospettiva nella pittura o sulla costruzione di archi o più semplicemente di mulini divenne lentamente ma inesorabilmente, un fatto creativo capace di accrescere la stessa conoscenza complessiva della natura. Se il costruttore del Medioevo restava nell'opinione generale pur sempre un artigiano, quello del Rinascimento era già considerato un vero intellettuale, perlomeno alla pari di coloro che si limitavano a meditare sulla natura, in una sterile ricerca della verità...*"[11]

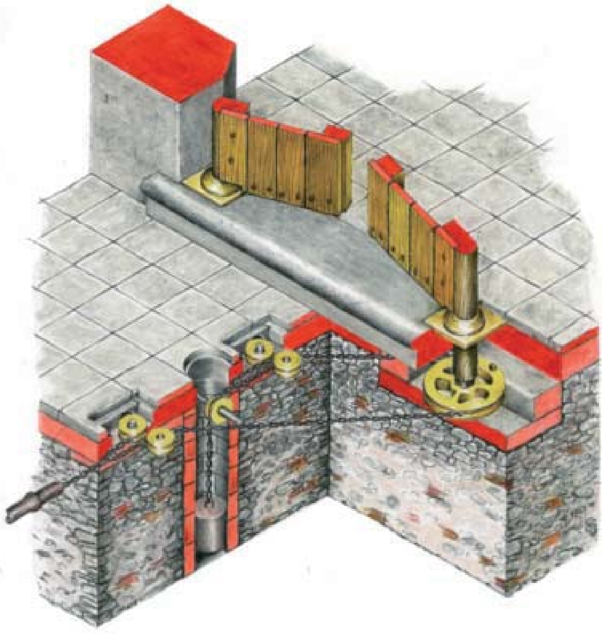
I concetti delineati sembrano suggerire l'affermazione e quindi il trionfo dell'ingegneria nel nuovo contesto economico-sociale dell'Età moderna. L'ingegnere per molti aspetti ne sarà il protagonista e non più come semplice artefice, ignorante e umile, ma come un vero studioso capace di tradurre in pratica quanto appreso dai suoi maestri, e ulteriormente accresciuto dalle sue personali osservazioni. Proprio in quest'aspetto gli apporti dei singoli costituirono piuttosto la regola che l'eccezione: ogni tecnico era, infatti, ormai anche un ricercatore, un indagatore che tentava, prima ancora di utilizzare un particolare fenomeno naturale, di capirne e descrivere le cause ed il comportamento, dandone contezza alla comunità di appartenenza professionale con accurati saggi e trattati. Vari sintomi agli inizi dell'Età moderna certificano lo stabilirsi così di una convergenza fra scienza e tecnica, tra le elaborazioni degli studiosi e le esperienze degli ingegneri, per cui si constata che: "*una scienza attratta dalla realtà, desiderosa di mettere i propri risultati a confronto con l'esperienza, e una tecnica preoccupata di darsi spiegazioni più valide e più generali, divenuta del resto sempre più esperta nell'esprimersi in cifre, dovevano fatalmente stringere stretti legami. Se l'una abbandonava un po' della sua astrattezza, se l'altra cercava la generalizzazione, l'incontro diventava inevitabile.*"[12]

In ogni ambito della nuova dinamica conoscitiva, oltre alla preminenza dell'esperienza si andava affermando l'apporto imprescindibile della matematica, per cui a giusto titolo: "*la scienza moderna ha un carattere essenzialmente matematico. Ora la matematica, anche se era stata utilizzata sporadicamente, dando luogo così a sviluppi interessanti, era universalmente considerata come il campo per eccellenza dei tecnici.*"[13] Galileo, più in generale, amava sostenere che il gran libro della natura: "*è scritto in lingua matematica, i caratteri sono triangoli, cerchi e altre figure geometriche.*"[14] L'apprendimento della matematica e delle varie discipline ad essa strettamente connesse, pose fine alla tradizionale ignoranza degli ingegneri, a volte persino analfabeti, dandogli se non un dettagliato bagaglio culturale almeno una linea di tendenza, quasi un antesignano ordine degli studi. Ed infatti: "*senza dubbio non bisogna disprezzare, neppure sul piano della riflessione e del ragionamento scientifico, l'apporto dei nostri ingegneri, la maggior parte dei quali – e ciò è vero perlomeno per gli ultimi in ordine di tempo – seppero superare l'orizzonte ristretto della tecnica bruta. Non solo è la tecnica che si modifica con loro, più ancora che per opera loro, ma si modificano anche i metodi di pensiero. Traendo profitto dall'immenso bagaglio di conoscenze ereditato dalle generazioni precedenti, nel duplice campo dell'abilità propriamente tecnica e delle conoscenze scientifiche, e limitando il loro interesse e la loro attenzione a un*

10 AA.VV., *La Storia*, Novara 2007, p. 335.
11 AA.VV., *La Storia...*, cit., p. 334.
12 Da B. GILLE, *Leonardo...*, cit., p. 257.
13 Da B. GILLE, *Leonardo...*, cit., p. 258.
14 AA.VV., *La Storia...*, cit., p. 338.

Il congegno di Erone per aprire e chiudere le porte del tempio di Serapide ad Alessandria.





piccolo numero di questioni che furono alle origini della scienza moderna, essi avevano cercato di fare della loro tecnica un sapere logico e concreto.”[15]

L’Età moderna può allora per molti aspetti, e soprattutto per i risultati nell’ambito dell’evoluzione tecnologica che da un certo momento si susseguirono incessanti e copiosi, reputarsi effettivamente dell’età dell’ingegneria, non certo di quella esclusivamente empirica e pratica dell’antichità ma del tutto inedita per la sua crescente competenza scientifica. Disciplina che presupponendo una solida base teorico-matematica e un’ampia esperienza pratica, può considerarsi l’anello di congiunzione da sempre auspicato tra sapere e saper fare, non più una spregiata attività servile ma una benemerita professione liberale volta a liberare, quasi miracolosamente, l’uomo dalle fatiche più brutali. Esito non lontano da quelli dei *taumaturghi* di ellenistica memoria che tanto impressionavano con i loro congegni, quale ad esempio quello realizzato da Erone che apriva le porte del tempio di Serapide all’accensione del fuoco sull’ara e le richiudeva al suo estinguersi.

Taumaturgo, dal vocabolo greco composto di *thaumat-* miracolo ed *érgon*-lavoro, letteralmente tradotto definisce, infatti, un fabbricante di miracoli, una sorta di illusionista capace di produrre fenomeni apparentemente soprannaturali. E si meritarono quella singolare definizione i progettisti e i costruttori di macchine automatiche, *automata*, che per le loro azioni esulanti dalle coeve esperienze meccaniche, sembravano realizzare stupefacenti miracoli. A differenza, però degli illusionisti quei portenti non scaturivano da volgari trucchi ma da complesse sequenze meccaniche, che rievocavano comportamenti fino allora reputati precipui dell’uomo. Per noi chi progetta e costruisce macchine, congegni e ingegni, e a volte anche marchingegni, è definito ingegnere e tali senza dubbio devono essere considerati i docenti avvicendatisi nel Museo di Alessandria, la massima istituzione scientifica dell’antichità.[16] Quanto alla presunta capacità di operare miracoli la si trasferì in pieno Medioevo ai sovrani francesi ed inglesi, tra il IX ed il XVIII secolo, reputati in grado di sanare da numerose malattie incurabili, in particolare dalla *scrofola.*

Con l’avanzare della scienza quegli ingenui miracoli furono sostituiti dalle consapevoli tecniche, ampiamente verificabili, che con la loro razionalità spazzarono le ultime nebbie della superstizione: un’età di ingegneri la cui designazione professionale, solo in prima approssimazione ovvia, cela una etimologia di gran lunga più pertinente e calzante dell’abituale ‘ingegno’. Scaturì, infatti, agli albori della storia, nei suoi primi passi dopo il lento dissolversi dell’interminabile preistoria, rafforzandosi la con-

15 Da B. GILLE, *Leonardo...,* cit., p. 272.

16 Per approfondimenti sulla Biblioteca di Alessandria in epoca ellenistica D. A. FLOWER, *I lidi della conoscenza,* Roma 2002, pp. 15-28.

A tale radice, tuttora presente nel nostro linguaggio corrente, rimonta un vasto ventaglio di derivazioni, alcune sempre attinenti all'universo femminile, quali tanto per esemplificare gineceo, ginecologia, generazione, ecc...; altre in apparenza alquanto distanti come genere, generatore, generale, ecc...; ed altri infine, senza dubbio derivati ma del tutto privi di qualsiasi nesso logico come genio, ingegno, congegno, ingegnere, ecc... Quale remota attinenza lega il gineceo all'ingegneria, la donna all'ingegnere, il partorire al progettare? La coerenza logica, paradossalmente, la intravidero i nostri remoti progenitori, ravvisando proprio negli esiti dell'attività professionale dell'ingegnere un qualcosa di analogo a una nuova nascita. Alla loro mentalità parve che l'avvento di una nuova entità tecnologica, inesistente fino a quel momento, generata nella mente di un ideatore, costituiva un suo parto, la naturale conclusione di una lunga gestazione! La figura dell'ingegnere assumeva così una connotazione materna, trasformandosi nella genitrice delle innovazioni tecnologiche, non sempre e non necessariamente pacifiche e benefiche ma nel loro affermarsi sempre foriere di miglioramenti esistenziali. L'ingegnere non fu perciò lo scopritore di basilari principi scientifici ma soltanto

Sopra: *raffigurazione di re Enrico II di Francia che guarisce con i suoi poteri taumaturgici gli ammalati.*
A fianco e nella pagina seguente: *miniature e stampe che raffigurano donne a vario titolo in azioni di guerra.*

sapevolezza, maturatasi nel corso delle migliaia di generazioni già avvicendatesi, che la vera e peculiare connotazione della Terra fosse la vita, conclusione peraltro tuttora vigente. Ovvio, pertanto, il valore preminente assegnato alla sua continuità e, per conseguenza, alla procreazione umana. Per quasi tutte le culture fu indubbio che quell'evento scaturisse dall'intima unione fra i due sessi, sebbene restando indeterminato l'apporto maschile fino a pochi secoli fà, la donna assurse a unico artefice della riproduzione. I Greci la definirono *gynè*, traendo a loro volta quel vocabolo dal sanscrito *g'anya* termine che designava la capacità di mettere al mondo, di generare, di partorire essenza per antonomasia della femminilità.[17]

17 Il termine 'genio' stando a O. PIAMIGIANI, *Vocabolario etimologica della lingua italiana,* Varese 1993, deriva senza dubbio dal latino *genius*, e quindi ingegno e per estensione ingegnere, ma il termine latino deriva a sua volta dal sanscrito *g'anya* dal significato di *forza naturale, produttrice, generatrice*, che in greco diverrà *gynè* donna con particolare riferimento perciò alla sua capacità di generare. Il senso, pertanto, di genio di generare delle scoperte e delle invenzioni.

Belegering der Spaensen
VICIT CONSTANTIA FATUM
van 1572 en 1573.
LIBERTATIS ERGO
GEUX

la genitrice di concreti meccanismi, figura e funzione remota a lungo disprezzata, al pari di miriadi di donne relegate alla mera funzione riproduttiva. Nessuna meraviglia perciò che proprio come tante disgraziate che seppero ritagliarsi al seguito degli eserciti una loro sia pur miserabile autonomia, anche per gli ingegneri il debutto avvenne soprattutto al seguito degli eserciti, unico ambito per entrambi abbastanza libero da non disprezzarne le prestazioni.

La scienza delle 'protesi'

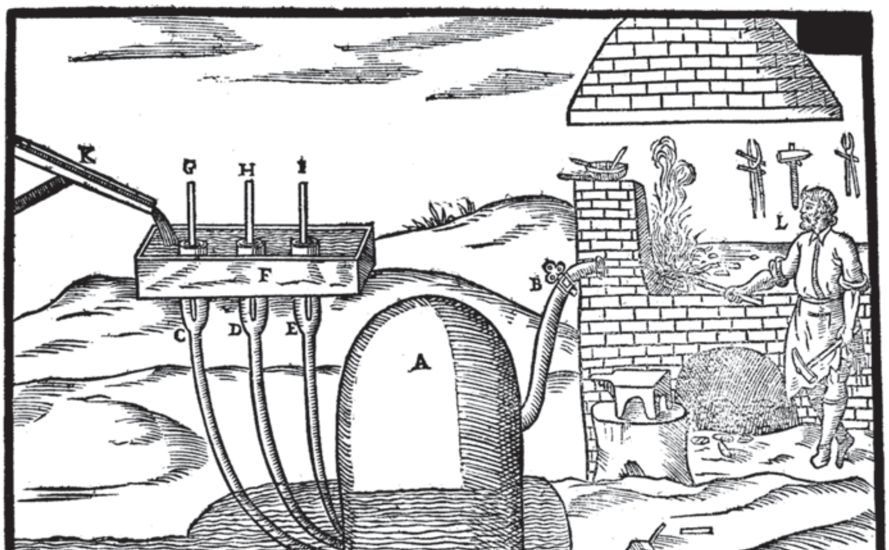
Scriveva nel 1628 l'ingegnere Giovanni Branca, 1571-1645, nella prefazione del suo trattatello *Le Machine*: "*Le machine in tutti li secoli apportarono grandissima comodità all'operationi humane, superando con l'ingegno quelle necessità, che s'incontrano tanto nell'edificationi civili, quanto nelle militari, lasciando da parte per hor le machine semoventi, e altri, che apportano utile, e curiosità. Mi vengono alle mani queste presenti figure, tanto di acqua, quanto di animale operazioni, e spiritali, e da me dichiarati, nelle quali vi son dentro tutti quelli principi, che Aristotile tratta, e propone nelle sue Mecaniche, con il fondamento de quali potrà l'uomo in ogni tempo servirse, per inventar machine, conforme alli bisogni, che se presenteranno. Ne deve alcuno smarrirsi, mentre ponerà in opera alcuna di queste machine, se non gli riuscisse l'operazione desiderata, perche si deve avvertire, le progressioni delle potenze dei motori, e di pesi nelle loro variazioni, rispetto à gli accidenti, quali, e con l'aria, e con l'acqua, e in altra maniera mutano quasi natura: e quindi è, che alle volte in picciola forma si opron quasi miracoli, che in forma grande, alcune volte si perde la scherma, e però non è da meravigliarsi, perche il difetto non procede dalle Mecaniche, ne dai suoi principj, ma solo dall'operante, forse non ben erudito, ò che non havrà inteso, discorso, e communicato con persone della professione. Non disputerò, per hora, se con il mezzo delle machine, si avanza di tempo fatiga, o spesa; ma dico ben, che con l'ingegno si superano quelle difficoltà, che senza questo non si potriano superare mai, V.G. se si deve portare in cima d'una fabrica un sasso intiero di 100 migliara* [100.000 libbre= 32700 kg] *, non è dubbio, che senza machine non si può conducer mai come si condurrebbe se fusse in pezzi di 100 libre diviso, e la machina ve lo conduce, e così se si dovesse far longhissima strada per andarvi con le materie, si trovan le conocchie, le burbure, i verochij, e simili, per avanzar molte volte il tempo e la spesa.*

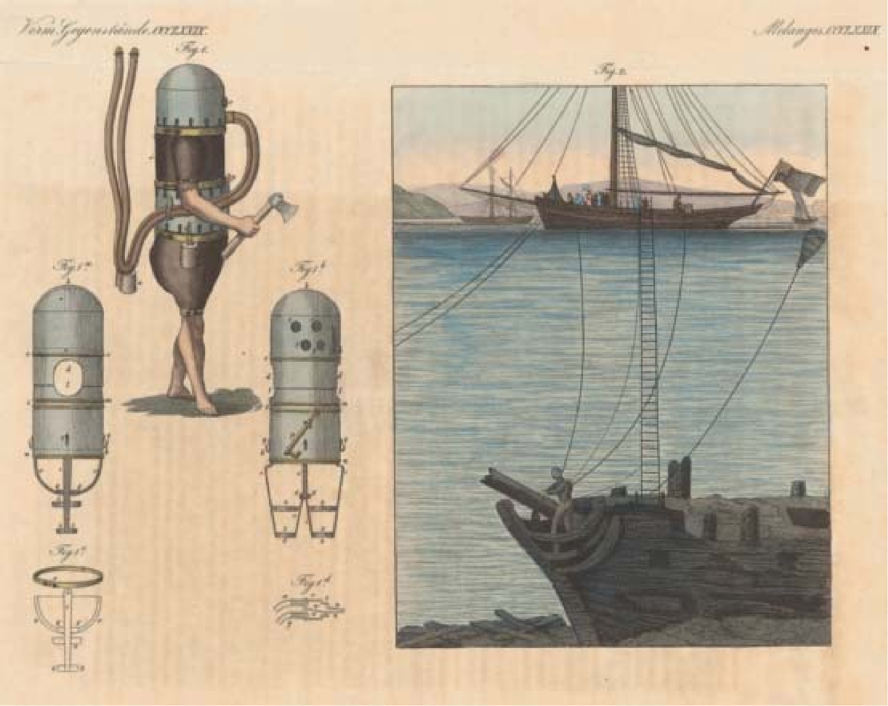
Quali dunque sian queste presenti machine, replico, che sono di quell'artifitio, che per lo stesso si mostrano, e che da due huomini periti potranno essere giudicate di molto proposito, e degne della stampa, e però hò assunto questo peso di dichiararle à preghiere di amico, e a benefitio commune, e ordinarle per numeri, con che si potrà conoscere l'ordegni preparati, e à che fine ciascuna parte sia destinata, soggiungendo le dette machine si possono adattare, e far servire in altre operazioni, oltre à quelle, che in quest'opera vengono espresse, il che si potrà fare, secondo l'ingegno, e capacità dell'operante, il quale quanto più sarà atto, tanto maggior frutto ne riporterà: ricevino volentieri le presenti fatighe, riserbandomi in altre occasioni di trattenimenti à loro ingegni non men grato, che studioso ecc..."[18]

Dai due esempi forniti dal Branca, del tutto simili a moltissimi altri esposti nei numerosi taccuini di ingegneri dell'Età moderna, risulta evidente la fina-

18 Da G. BRANCA, *Le machine*, Roma 1629, Premessa.

Tavola relativa ad una macchina a vapore dal trattato di Giovanni Branca.





Palombaro di Karl Heinrich Klingert, fine XVIII secolo.

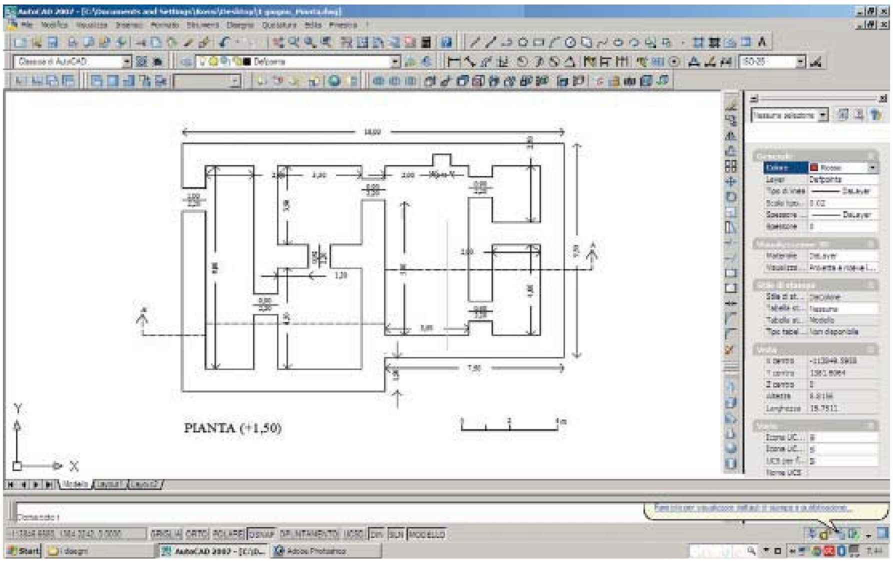
lità della tecnica e dell'ingegneria in particolare: consentire il superamento dei limiti fisiologici umani. Un peso che le braccia non avrebbero potuto sollevare trovava in adeguate macchine la loro alternativa poderosa. La velocità che le gambe in nessun modo avrebbero potuto garantire trovava nelle strade e nelle carrozze su esse circolanti una apprezzabile attuazione, per non parlare degli ingentissimi carichi che i carri sulle stesse strade riuscivano a trasportare. Discorsi analoghi si potrebbero fare per il cannocchiale, che consentiva di vedere ciò che per lontananza all'occhio sfuggiva, o per il microscopio che rendeva visibile ciò che per la sua estrema piccolezza non lo era, come pure per la campana subacquea o per la mongolfiera, grazie alle quali ci si era potuti immergere nel mare o sollevare nel cielo, o per lo scafandro che consentiva di respirare dove l'aria non c'era!

Una vasta gamma di ausili tecnici che, anno dopo anno, andarono ad alleviare le fatiche e le miserie dell'umanità, ampliando la produzione e riducendo i costi, favorendo persino le acquisizioni geografiche. Un ampio ventaglio di protesi delle quale l'evoluta ingegneria dell'Età moderna può considerarsi a giusta ragione la vera madre: certamente in numerosi casi erano già presenti sia pure in forma embrionale in Età ellenistica, ma in Età moderna lo divennero e per qualità e per diffusione in maniera risolutiva e diffusa. La tecnica cioè usci da un ambito elitario, da una destinazione spesso ludica per assurgere a risorsa dell'umanità frustrandone i limiti. Ovviamente essendo la guerra a lungo ritenuta, e sia pure parzialmente lo è ancora, una delle più stringenti esigenze per la sopravvivenza, proprio per favorire nei conflitti la positiva conclusione la tecnologia militare fu quella che più e prima realizzò congegni e macchine sofisticati, che solo in un secondo momento trovarono impiego civile trasformandosi da ordigni di morte in supporti di vita.

Dove, infatti, se non nel mondo della guerra siffatte 'protesi', quale che ne fossero le caratteristiche e la natura, erano, e continuano a essere, più indispensabili? In un contesto offeso e mutilato dai combattimenti, sconvolto dalle distruzioni nel quale persino muoversi diviene improbo, siffatte potenzialità si confermano, oggi come allora, fondamentali e quindi non desta alcuna meraviglia che fu ancora una volta il settore militare a svolgere in questa elaborazione un ruolo trainante.

La protesi preminente

Senza dubbio, però, l'invenzione umana più importante, quella da cui derivano tutte le altre e senza della quale verrebbe meno qualsiasi progresso ed evoluzione, si ravvisa nell'elaborazione di sistemi per registrare pensieri, parole e immagini, in maniera che, sostituendosi alla nostra labile memoria quelle esperienze restino indelebilmente. Per grandi linee possono distinguersi in due branche: una di tipo iconica, la più antica, in cui confluiscono tutte le testimonianze dipinte, scolpite, pitturate, disegnate, ecc..., su qualsiasi supporto ed in qualsiasi epoca; l'altra di tipo letterario, che abbraccia tutte le testimonianze redatte in qualsiasi lingua su qualsiasi supporto e in qualsiasi epoca, ed il cui avvento è per convenzione l'origine della Storia. Due modalità che permettono di dilatare e ampliare senza limite i nostri ricordi, sia in forma convenzionale con la rappresentazione dei suoni, che chiamiamo scrittura, sia in forma analogica con la rappresentazione delle immagini, che

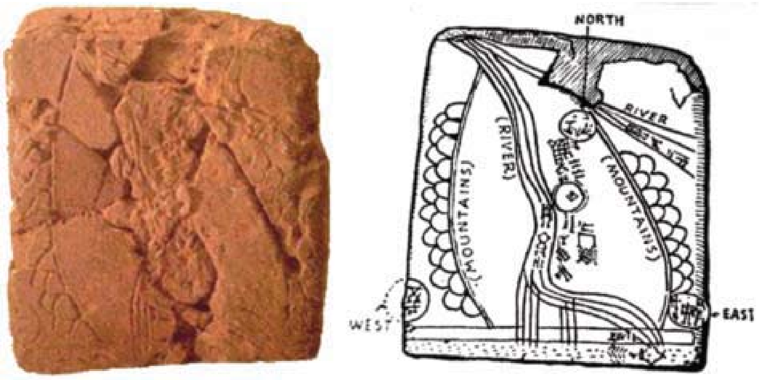


Progetto di edificio sumerico su tavoletta di argilla del II millennio a.C. e dettaglio.

chiamiamo disegno. Proprio in questa seconda modalità mnemonica fu, ancor prima della scrittura, escogitata una convenzione grafica che permetteva ai tecnici di concentrarvi una tale massa di dati, relativi ad un particolare oggetto, quale che fosse dal tempio alla cuspide della freccia, sufficienti a consentirne la realizzazione o la riproduzione.

Quanto questo sia straordinario lo dimostrano i vari disegni architettonici sumeri su tavolette di argilla che si confermano non soltanto oggettivamente e chiaramente interpretabili per un qualsiasi progettista attuale, a differenza delle relative leggende in caratteri cuneiformi di cui è improbo fornire una indubbia traduzione, ma consentono a oltre cinque millenni di distanza di edificare quanto rappresentato. La planimetria di una abitazione di Lagash del 2400 a.C. tracciata su argilla, non differisce gran che dalla stessa elaborata con un avanzato programma di disegno tecnico! Con l'Età moderna tale sistema attingerà il suo apice, senza peraltro cambiare gran che, divenendo la tecnica che ancora correntemente adoperiamo per la progettazione e per il rilievo architettonico. Volendone meglio delineare gli ambiti, il disegno planimetrico di progetto iniziò a manifestarsi, stando ai reperti fino a oggi ritrovati, sul finire del III millennio a.C. con rappresentazioni di fortificazioni di centri abitati, seguiti a breve distanza da edifici sacri e quindi semplici abitazioni, sempre in scala. Il criterio è sempre il medesimo dell'attuale sebbene delle tre proiezioni ortogonali da noi usate, pianta, prospetto e sezioni, la relativa cronologia di adozione non solo non risulta contemporanea ma molto divaricata.

Il prospetto infatti può dirsi acquisito già intorno al X millennio a.C., consistendo in sostanza in una raffigurazione di sagoma; la pianta, invece, che Vitruvio definirà impronta, compare agli albori della Storia, tra il IV e il III millennio a.C., mentre la sezione, peraltro di rarissimo impiego, sembrerebbe già nota nel XVI secolo a.C. Le tappe dei ricordati sistemi di rappresentazione ortogonale iniziano, perciò, dalla traccia del semplice contorno di quanto si



Sopra: *tavoletta sumerica d'argilla con mappa topografica, del 2500 a.C..*
Sotto: *rilievo topografico delle fortificazioni di Nippur su tavoletta d'argilla del 1500 a.C..*

volle disegnare, per lo più animali, coincidente con la sua *silhouette* a controluce, della quale successivamente se ne accrebbe la verisimiglianza attraverso la colorazione sfumata, che variando con le convessità imitò una parvenza di profondità e mutò il mero rilievo in opera d'arte. Del resto le finalità di quelle rappresentazioni si devono supporre solo scaramantiche: disegnando, ad esempio, un bisonte se ne auspicava la cattura! E dal momento che la verisimiglianza era massima quando era esatta la proporzione della figura, il vertice di quell'aderenza coincideva con un prospetto in scala! Discorso di gran lunga meno spontaneo e concreto per la sezione orizzontale di base, la pianta, che esulando dalle immagini ordinariamente visibili fu elaborata in epoca vistosamente più recente. Col medesimo criterio informatore le si aggregheranno le sezioni verticali, che esauriranno l'insieme definitivo del rilievo prima e del progetto poi.

L'immagine grafica di quanto esistente o di quanto da realizzare, sarà affiancata in Età classica dalle raffigurazioni in sequenza, che meglio aderiscono al criterio della registrazione sviluppandosi non più in modo atemporale e statico ma secondo una precisa scansione cronologica. Esempio emblematico di quanto delineato è la spirale della Colonna Traiana, scolpita con un esasperato realismo ma con una evidente convenzionalità come ad esempio per il rango dei protagonisti, più grandi se più importanti, o per il numero raddoppiandoli per sottintenderne una moltitudine, o altro ancora.[19]

Potrebbe, pertanto, considerarsi il primo documentario di guerra non scevro, come saranno poi tutti i consimili, da una buona dose di retorica e di propaganda. Con l'Età moderna, sempre nell'ambito delle registrazioni grafiche si diffondono le raffigurazioni dette 'a volo d'uccello'[20] che consentono una visione globale, anticipazione delle riprese e ricognizioni aeree. La fissazione su carta delle connotazioni del territorio, altrimenti definita topografia, tramite il rilievo plano-altimetrico acquisisce in quel medesimo scorcio storico le caratteristiche tutt'ora da noi adottate, che andranno a formare l'insieme di qualsiasi progetto: gli ingegneri che nell'immane lotta tra l'impero spagnolo e quello ottomano realizzarono migliaia di fortificazioni costiere, ce ne hanno lasciato numerosi progetti così redatti.[21]

In conclusione si può affermare che dall'impiego della scheggia di silice, al frammento di silicio dei componenti base del computer, il fattore comune è sempre stato il tramandare una testimonianza più duratura e più dettagliata della memoria: altrettante protesi di crescente capacità e complessità. Se la memoria è preminente tra le protesi, dipendendo dalla capacità di ricordare e di tramandare il processo di apprendimento, non vanno banalizzate tutte le altre, antenate e premesse di tutta l'immensa gamma tecnologica dalle quali ormai dipende interamente la nostra esistenza. In base a ciò la traccia di questo quarto volume potrebbe dipanarsi su di una singolare corrispondenza fra le realizzazioni della tecnica in Età moderna e le parti del corpo umano, sedi delle funzioni meccaniche o sensoriali che, in qualche modo, andavano a potenziare. Per

19 In merito alle convenzioni iconiche della Colonna Traiana cfr. L. ROSSI, *Rotocalchi di pietra, segni e disegni dei tempi sui monumenti trionfali dell'Impero Romano*, Milano 1981, pp. 102-07.
20 Cfr. L. NUTI, *L'artificio del vero ritratto*, in *Tra Oriente e Occidente. Città e iconografia dal XV al XIX secolo,* a cura di C. De Seta, Napoli 2004, pp. 22-27.
21 Cfr. G. SCAMARDI', *Città navi e battaglie nel Mediterraneo fra il 1598 e il 1616 in un manoscritto inedito*, in *Le città e i cartografi*, a cura di C. De Seta, Napoli 2008, pp. 68-85.

Sopra: *pianta della città di Roma. Braun and Hogenberg , Civitates Orbis Terrarum I 45, 1569.*
In basso: *veduta a volo d'uccello della città di Casale, nel XVIII secolo.*

ampia e necessariamente rozza approssimazione possono ricondursi alla testa, alle braccia e alle gambe, per cui immaginando l'uomo come il prototipo antropometrico descritto da Vitruvio e disegnato da Leonardo da Vinci, con braccia e gambe divaricate, ne esce quello che è stato definito 'pentacolo': trascurando le valenze esoteriche si tratta di una sorta di pentagono, l'emblema di Marte, di stella a cinque punte non a caso adottata come emblema militare. Di ciascuna, per pura valenza esemplificativa sono tratteggiate creazioni che si realizzarono per finalità più o meno militari in Età moderna.

Capo

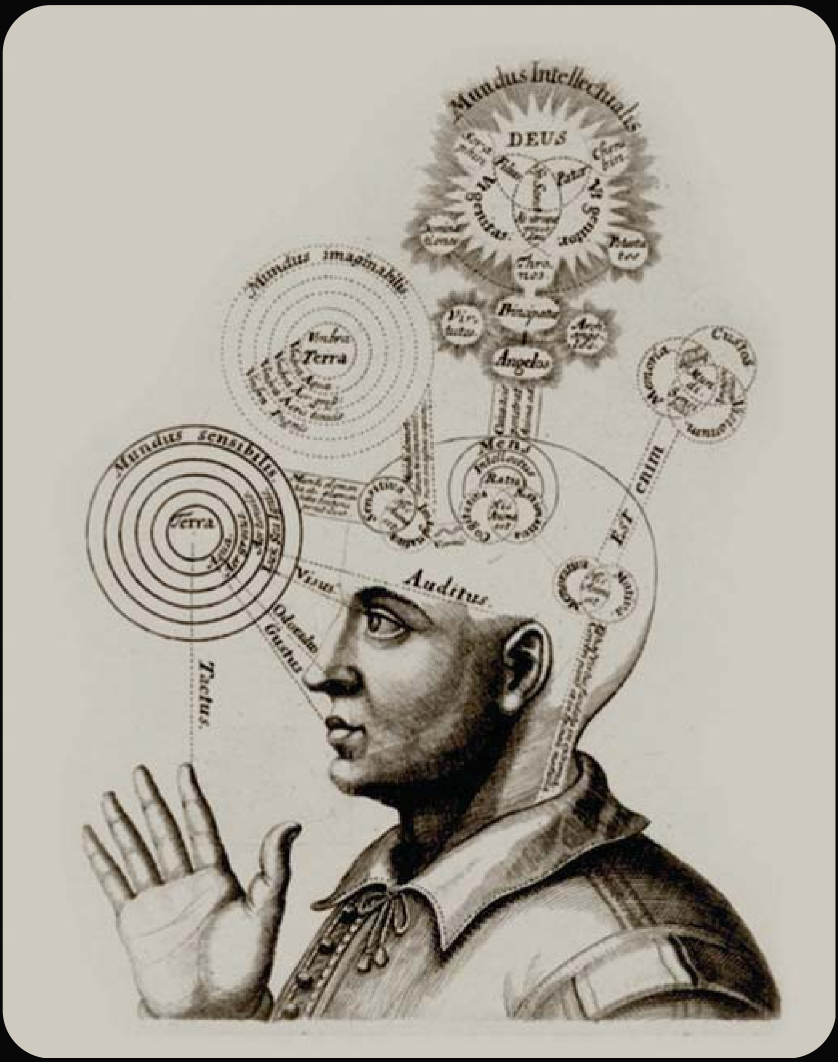


Tavola del XVI secolo raffigurante i vari sensi.

Militaria mirabilia

Un nuovo strumento tattico: il cannocchiale

Sopra: *cannocchiale di Galileo Galilei e dettaglio dell'oculare.*
Sotto: *Ritratto di Hans Lippershey, il presunto inventore del cannocchiale.*

L'invenzione del cannocchiale si colloca probabilmente intorno al XIII secolo, ma soltanto nel 1608 si ha notizia documentata del rilascio di un brevetto a un olandese di nome Hans Lippershey, 1570-1619, per uno strumento del genere capace di appena tre ingrandimenti. Il condottiero Ambrogio Spinola non appena ne venne a conoscenza stando ad un 'avviso' proveniente dall'Aia: "*ha mostrato di preoccuparsi dell'importanza militare dell'ordigno, che potrebbe risultare molto utile, ad esempio, nel corso di un assedio…*"[1]
L'anno successivo Galileo Galilei, 1564-1642, nel 1609 dopo aver perfezionato notevolmente il cannocchiale, ravvisandovi ancora maggiormente le sue indubbie potenzialità militari, in data 24 agosto di quello stesso anno, lo propose al doge di Venezia Leonardo Donato, per farlo adottare alla sua flotta, con queste parole:

Ser. Mo Principe,
Galileo Galilei, humilissimo servo della Ser. à V. a., invigilando assiduamente et con ogni spirito per potere non solamente satisfare al carico che tiene della lettura di Matematica nello Studio di Padova, ma con qualche utile et segnalato trovato apportare straordinario beneficio alla S.tà V.a , compare al presente avanti di quella con un nuovo artifizio di un occhiale cavato dalle più recondite speculazioni di prospettiva, il quale conduce gl'oggetti visibili così

1 L'avviso è riportato da U. FORTI, *Dalla rinascita dopo il Mille alla fine del Rinascimento*, in *Storia della Tecnica*, Torino 1974, vol. III, p. 368.

giudicandolo degno di essere dalla S.V. ricevuto et come utilissimo stimato, ha determinato di presentarglielo et sotto l'arbitrio suo rimettere il determinare circa questo ritrovamento, ordinando et provedendo che, secondo che parerà oportuno alla sua prudenza, ne siano o non siano fabricati. Et questo presenta con ogni affetto il detto Galilei alla S. V., come uno de i frutti della scienza che esso, già 17 anni compiti, professa nello Studio di Padova, con speranza di essere alla giornata per presentargliene de i maggiori, se piacerà al S. Dio et alla S.V. che egli, secondo il suo desiderio, passi il resto della vita sua al servizio di V.S. Alla quale humilmente si inchina, et da Sua Divina Maestà gli prega il colmo di tutte le felicità.[2]

vicini all'occhio, et così grandi et distinti gli rappresenta, che quello che è distante, v.g., nove miglia, ci apparisce come se fusse lontano un miglio solo: cosa che per ogni negozio et impresa marittima o terrestre può esser di giovamento inestimabile; potendosi in mare in assai maggior lontananza del consueto scoprire legni et vele dell'inimico, sì che per due hore et più di tempo possiamo prima scoprir lui che egli scuopra noi, et distinguendo il numero et la qualità de i vasselli, giudicare le sue forze, per allestirsi alla caccia, al combattimento o alla fuga; et parimente potendosi in terra scoprire dentro alle piazze, alloggiamenti et ripari dell'inimico da qualche eminenza benché lontana, o pure anco nella campagna aperta vedere et particolarmente distinguere, con nostro grandissimo vantaggio, ogni suo moto et preparamento; oltre a molte altre utilità, chiaramente note ad ogni persona giudiziosa. Et pertanto,

La rivoluzione che il cannocchiale determinerà nella guerra sul mare, e poi in qualsiasi operazione militare terrestre, può essere paragonata soltanto a quella provocata dall'invenzione del radar.

2 Lettera tratta da *Opera Omnia* di Galileo Galilei nella monumentale raccolta curata da Antonio Favaro e pubblicata in 20 volumi tra il 1890 e il 1909, vol. X, pp. 250-251.

In alto: *Galileo mostra il cannocchiale al Doge di Venezia. Affresco di Giuseppe Bertini, 1858.*

Parte Prima

Memorizzare

La cifrante di Leon Battista Alberti

Ai fini dell'evoluzione umana la funzione di gran lunga più importante svolta dal cervello è senza dubbio quella di memorizzare quanto osservato, sentito e, soprattutto, appreso costituendo quel bagaglio culturale il presupposto indispensabile per qualsiasi futura elaborazione. La capacità, poi, di trasferirlo mediante le parole ad altri uomini ha innescato e supportato il progresso tecnologico, trasferimento che diverrà sapere dopo l'invenzione di un sistema per fissare in maniera stabile e oggettiva le parole stesse, ovvero quando si inventò la scrittura fonetica. Col tempo, però, si vide che molte delle nozioni e delle informazioni scritte si prestavano a essere usate anche a danno degli stessi compilatori, e più in generale dei loro detentori, Stati o notabili che fossero. A partire dall'episodio della mitica Torre di Babele fu chiaro a tutti che il confondere la comprensione del linguaggio costituiva da un lato una potente arma dissuasiva e permetteva, dall'altro, di custodire importanti segreti. Ovviamente l'adozione

Pieter Bruegel (il vecchio) – La Torre di Babele, 1563, olio su tavola, 114×155 cm.

di una convenzione per rendere incomprensibile quanto scritto implicava tassativamente una agevole reversibilità, esigenza che, diffusasi la procedura, portò alla sua automatizzazione tramite un dispositivo che fatto funzionare in un verso rendeva illeggibili gli scritti mentre nell'altro li restituiva alla originaria chiarezza, operazioni definite con terminologia attuale 'cifratura'.

Il ricorso alla cifratura, specialmente in ambito militare, sembra in qualche modo già adottato sul finire del II millennio a.C., divenendo però canonico e diversificato a partire in Età classica, tanto da dare origine a una precipua disciplina: la crittografia[3], dal greco *kriptos*-nascosto, e *graphè*-scrittura. Plutarco tramanda un sistema di cifratura già adottato nel V secolo a.C. in guerra dagli Spartani per brevi dispacci, detto 'scitala', dal greco σκυτάλη, bastone, rivelatosi risolutivo nel corso della Guerra del Peloponneso. Questa la descrizione da lui fattane: La scitala consiste in questo. Gli efori, all'atto di spedire all'estero un Ammiraglio ovvero un Generale, prendono due pezzi di legno rotondi e perfettamente uguali, sia in lunghezza sia in larghezza, di dimensioni cioè corrispondenti. Di questi pezzi di legno, che si chiamano 'scitale', uno lo conservano loro, l'altro lo consegnano al partente. In seguito, allorché vogliono comunicare qualcosa di grande importanza e che nessun altro deve sapere, tagliano un rotolo di papiro lungo e stretto come una cinghia e l'avvolgono intorno alla scitala in loro possesso, coprendone tutt'intorno la superficie del legno col papiro, senza lasciare il minimo interstizio. Compiuta questa operazione, scrivono sul papiro così come si trova disteso sulla scitala ciò che vogliono, e una volta scritto tolgono il papiro e glielo mandano senza il bastone. Il Generale, quando lo riceve, non può leggere le lettere di seguito, poiché non hanno alcun legame tra loro e rimangono sconnesse, finché non prende anch'egli la sua scitala e vi avvolge in giro la striscia di papiro. Così, la spirale torna a disporsi nel medesimo ordine in cui fu scritta, e le lettere si allineano via via di modo che l'occhio può seguire la lettura intorno al bastone e ritrovare il senso continuo del messaggio. La striscia di papiro è chiamata 'scitala' al pari del legno, così come si designa col medesimo nome la cosa misurata e quella che la misura.[4]

Enea il Tattico, vissuto nel IV secolo e celebre Generale della lega arcadica, ci ha lascito un trattato sull'argomento redatto tra il 390 e il 360 a.C. dove espone tra i vari espedienti per rendere segreti i messaggi, nel XXI capitolo, anche un dispositivo per la loro cifratura. Consisteva in un disco nel quale vicino

3 Sull'argomento cfr. la pubblicazione on line dell'ing. E. SALVADOR, *Appunti di crittografia*, dicembre 2007, pp. 5-9.

In alto: *manoscritto parzialmente cifrato di Giovanni Fontana: nel disegno la sua lanterna magica.*

4 Da PLUTARCO, *Vita di Lisandro*, in *Vite parallele*, rist. Milano 1974, vol. II, p. 24.

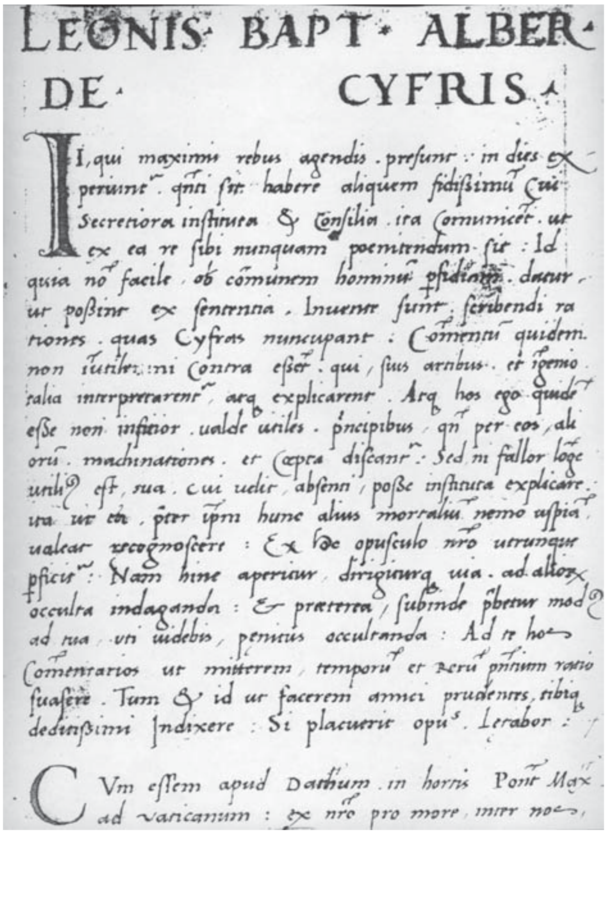
continua elaborazione, resa ancora più complessa e sofisticata dai supporti informatici in cui la riservatezza e l'inviolabilità dei messaggi è prioritaria.

Tra le caratteristiche più apprezzate di un sistema crittografico, come accennato, vi era la rapidità di utilizzo sia in fase cifratura che di decifratura, esigenza che portò allo studio di congegni meccanici in grado di operare automaticamente. Uno dei primi fu il disco cifrante, o semplicemente cifrante, di Leon Battista Alberti, 1404-1472, che descrisse dettagliatamente nel suo trattato De Cifris[5] dove è prospettato per la prima volta un criterio di cifratura polialfabetica. Il congegno, infatti, si componeva di due dischi concentrici, rotante il minore e fisso il

alla circonferenza erano praticati 24 fori, più uno centrale, ciascuno dei quali, tranne il centrale, contrassegnato da una precisa lettera, disposta secondo l'ordine alfabetico. Facendo partire un filo dal foro centrale, lo si faceva entrare nel foro corrispondente alla prima lettera del messaggio da cifrare; la seconda entrava quindi nel foro alfabeticamente corrispondente e così via fino all'ultima. Giunto il disco a destinazione si svolgeva il filo partendo dall'ultima lettera, segnando quelle che seguivano fino alla prima, ricavandone così il messaggio originale. Più semplice, ma meno sicuro, il sistema di cifratura attribuito a Cesare nel quale a ogni lettera dell'alfabeto in chiaro veniva fatta corrispondere un'altra diversa, per cui il messaggio diveniva alla fine incomprensibile. Dall'VIII secolo si iniziarono a studiare pure le tecniche di decifrazione, per tentare di carpire i contenuti di messaggi segreti di cui si ignorava la chiave. Da allora cifratura e decifratura rientrano a pieno titolo nell'utilizzo militare e diplomatico, subendo una

5 Il trattato, il cui titolo originale è *De Componendis Cifris* o *De Cifris,* fu scritto intorno al 1466 e mai stampato: ne sopravvivono al presente soltanto 15 copie.

In alto: *la scitala, con la correggia arrotolata a spirale.*
In basso a sinistra: *disco in cui ogni foro corrisponde a una lettera dell'alfabeto nel quale si faceva passare il filo.*
Sotto: *La prima pagina del manoscritto De Cifris, di Leon Battista Alberti.*



LEONIS BAPT. ALBER.
DE CYFRIS.

Ii, qui maximis rebus agendis presunt: in dies experiunt. quanti sit habere aliquem fidissimu cui secretiora instituta & consilia ita comunicet. ut ex ea re sibi nunquam poenitendum sit: Id quia no facile ob comunem hominu perfidiam. datur. ut possint ex sententia. Inuente sunt scribendi rationes. quas Cyfras nuncupant: Comentu quidem non inutile: nisi contra esset. qui, suis artibus. et ingenio talia interpretarent, atq explicarent. Atq hos ego quide esse non infitior. ualde utiles. principibus, qui per eos, aliorum. machinationes. et cepta discant: Sed ni fallor longe utilius est, sua. cui uelit, absenti, posse instituta explicare. ita ut eo. preter ipm hunc alius mortaliu nemo usquam ualeat recognoscere: Ex hoc opusculo nro utrunque perficit: Nam hinc aperitur. dirigiturq uia. ad aliorum occulta indaganda: Et preterea, subinde prebetur modus ad tua. uti uidebis, penitus occultanda: Ad te hos Comentarios ut mitterem, temporu et reru presentium ratio suasere. Tum & id ut facerem amici prudentes, tibiq deditissimi indixere: Si placuerit opus. Letabor:

Cum essem apud Dathum. in hortis Pont Max ad uaticanum: ex nro pro more. inter nos,

maggiore, sui cui bordi, esterno sul primo ed interno sul secondo, stavano tracciate le lettere dell'alfabeto maiuscole ed ordinate sul disco fisso e minuscole e disordinate sul disco rotante, tutte inserite in apposite caselle di uguale ampiezza angolare, in modo che i lati esterni, archi finali tra i loro raggi, potessero coincidere perfettamente. Era in tal modo possibile far corrispondere a ogni lettera del messaggio individuata sul disco fisso una diversa e casuale su quello mobile, ottenendo perciò una testo incomprensibile, sebbene ripetitivo e quindi di agevole decifrazione. La rotazione del disco minore rispetto al maggiore, tuttavia, variando continuamente, secondo sequenze concordate fra i due alfabeti, detta chiave, prestabilita e nota ad entrambi gli operatori di trasmissione e ricezione, mutava perciò le corrispondenze, per cui non era più possibile ignorando la chiave trovare una qualsiasi logica nell'avvicendarsi delle lettere. Questo il testo dell'Alberti, tratto da uno dei rarissimi manoscritti pervenutici, redatto in un latino che per la sua estrema semplicità ci esime dalla traduzione:

Facio circulos duos duabus tabellulis aeneis, unum maiorem qui stabilis dicitur, alterum minorem quem appellamus mobilem. Excedit autem stabilis mobile ex suae diametri parte nona. Totas circumferentias amborum circulorum divido in partes coaequales quattuor et viginti. Hae partes domicilia nuncupantur. In singulis maioris circuli domiciliis singulas inscribo litteras maiusculas rubrica ex assueto litterarum ordine ut sit prima A, secunda B, tertia C et deinceps reliquae; H vero atque K quod earum usus non usque exigitur praetereantur. Erunt igitur maiusculae isthaec numero viginti quas et supra recensuimus atque hae litterae domicilia itidem occupabunt etiam viginti et dicentur domicilia stabilium verarumque litterarum. Quattuor vero isthaec quae reliqua supererunt vacua domicilia dicentur numeralia, ea re, quod in singulis eorum suus adscribetur numerus charactere pusillo ex atramento, sic nam in primo 1, in secundo 2, in tertio 3, in quarto 4. Itaque hoc modo cuncta maioris circuli domicilia suis litteris complebuntur. In minore autem circulo tot similia erunt domicilia numero illis superiori bus compari et lineis correspondentibus in singulis istorum domiciliorum, quae mobilia appellabuntur, singulae inscribentur non ut superiores maiusculae quidem, sed minores litterae atramento et adscribentur non ordine ut istae stabiles sed disseminatae, ita uti manus et casus dabit, puta ut prima istarum mobilium isthic erit a, secunda g, tertia q et eiusmodi, deinceps reliquae, quoad quattuor et viginti istius domicilia completa sint. Nam in elementis Latinorum tot sunt litterarum figurae, quarum ultima existit &. His ita configuratis imponimus tabellam mobilem minoris circuli supra stabilem maiorem ut idem acus per ambo rum centra penetrans utrorumque sit axis, circa quem mobilis tabella invertatur.
Ex circulis istis ambobus ita compositum instrumentum hoc "formulam" nuncupamus. Et formulam hanc geminatam habere oportet, ut sit earum altera apud te, altera vero apud amicum in provincia ad quem tu scripturus sis, eruntque ambae formulae isthaec penitus similes positionibus litterarum et numero earum et ordine ita ut in nullo discrepent. His peractis inter nos constituetur quem esse indicem velimus; nam index quidem veluti clavis quaedam est qua in penetralia sacrorum intima ingressus pateat. Atqui index ipse duplex est; nam alter est qui ex maiusculis stabilibus litteris constituitur, alter qui ex minusculis mobilibus litteris constituitur, uterque ad arbitrium.[6]

In conclusione nella cifrante dell'Alberti la chiave che relaziona fra loro i due alfabeti varia durante il messaggio lettera dopo lettera, per cui risulta impossibile stabilire una precisa corrispondenza anche fra due lettere soltanto. Sullo stesso principio fu realizzata la cifrante tedesca Enigma, famosa per sua complessità.

6 Da L. B. ALBERTI, *De Componendis Cifris*, ms. 1466, XIII, 5.

Sotto: *la celebre cifrante germanica Enigma utilizzata nella II Guerra Mondiale.*

La prima planimetria: una fortezza

Tra le forme di memorizzazione più diffuse ed importanti dopo la scrittura, si colloca il disegno di progetto, quello che, registrando tutte le prescrizioni, le misure e le indicazioni tecniche, consente di costruire qualsiasi realtà materiale, da un congegno a un edificio, in qualsiasi momento, in qualsiasi luogo e in qualsiasi numero di repliche. Allo scopo noi ci avvaliamo di rappresentazioni ricavate da proiezioni ortogonali, più note come pianta, prospetto frontale e laterale, la cui vicenda storica non ostenta una coeva origine ma, al contrario, una forte divaricazione cronologica che soltanto agli inizi del XVI secolo trova una definitiva ed irreversibile coesistenza, trasformandosi nel nostro disegno di progetto propriamente detto.[7] A partire dagli inizi del '500, infatti, le costruzioni più significative ed importanti vengono previste e preventivate con opportuni disegni che sono in realtà delle proiezioni ideali di ciò che si intendeva realizzare, convenzione per ottenerne non solo una rappresentazione in proporzione, ma soprattutto capace di fornire agli esecutori tutte le informazioni dimensionali e strutturali richieste per la sua corretta esecuzione. Per la rilevanza che tale sistema ha, sin dagli albori della Storia, sempre rivestito per l'avanzamento materiale, è interessante aprire una digressione cronologica su quella che può essere considerata la vera scrittura dei tecnici e che proprio dall'età moderna si considera imprescindibile.[8]

Secondo la vigente convenzione grafica, un qualsiasi oggetto può descriversi in ogni suo dettgalio con le tre proiezioni anzidette, ottenute su piani ideali perpendicolari ai tre assi dello spazio, che per la loro costante proporzione con la realtà, la scala, assurgono a linguaggio universale ovunque compreso senza interpreti o vocabolari. Al pari della scrittura, questo tipo di disegno fornì la registrazione delle idee e la circolazione: presupposto inevitabile al suo instaurarsi, percepito come bidimensionale e istintivamente ottenuto schiacciando l'immagine, l'individuazione di una coppia ortogonale di rette sulle quali riportare le misure, incrocio di assi attribuito a Cartesio ma in natura ben presente. La superficie dell'acqua, infatti, ne costituisce l'ascissa, la fune a cui è appeso un sasso l'ordinata e il piano ideale che le due direttrici delimitano consente, in base al rapporto prescelto, di proiettarvi i contorni e le relative connotazioni ad esse interne e visibili di un oggetto in ogni suo dettaglio, ricavandone una rappresentazione ortogonale. La prima proiezione utilizzata fu il prospetto, seguito a distanza dalla pianta, in pratica una sezione orizzontale o un'orma, non a caso definita impronta da Vitruvio[9], e infine dalla sezione verticale.

Le tappe dell'elaborazione del sistema se iniziano dalla traccia del mero contorno, coincidente con la sagoma visibile controluce, divengono di gran lunga meno spontanee per la sezione orizzontale di base, l'anzidetta pianta che, esulando dalle immagini ordinariamente visibili debuttò in epoca più recente. Ad essa si affiancheranno, frutto del medesimo criterio informatore, le sezioni verticali che esauriranno l'insieme definitivo del rilievo prima e del progetto poi. A quali epoche si possono far risalire le rappresentazioni dei vari prospetti, della pianta e delle sezioni? E, soprattutto, in base ai suddetti reperti quando s'ini-

7 Sull'argomento cfr. M. DOCCI, D. MAESTRI, *Storia del rilevamento architettonico e urbano*, Bari 1993, pp. 4-36; ed anche D. STROFFOLINO, *La città misurata. Tecniche e strumenti di rilevamento nei trattati a stampa del Cinquecento*, Padova 1999.
8 Per una sintesi sull'argomento cfr. F. RUSSO, *Storia del disegno di progetto*, in riv. ARCHEO, in corso di stampa.

9 M. VITRUVIO POLLIONE, *De Architectura*, lib. I, 2. Testo in italiano a cura di F. BOSSALINO, trad. di F. Bossalino e V. Nazzi, Roma 2002, p. 43. La definizione usata da Vitruvio è quella di iconografia, ovvero la scrittura, nella fattispecie il disegno della traccia, dell'impronta.

La raffigurazione preistorica di un cavallo visto di profilo coincide con il suo prospetto laterale e la somiglianza con l'originale ne certifica la rappresentazione in scala.

dosi di una rappresentazione ideale e non altrimenti visibile di un edificio, se non quando se ne spiccano i muri sulle fondazioni o li si spianano fino ad esse, è lecito supporne un suggerimento traumatico. Nessuno, infatti, percepisce la pianta neppure della casa in cui abita e, se mai la vedesse vorrebbe dire che è stata rasa al suolo da un evento catastrofico, restando delle sue mura appena qualche spanna sopra il terreno. L'orma e l'impronta si vedono quando ciò che le ha impresse non c'è più! E forse fu proprio a seguito di circostanze devastanti, in particolare belliche, che si pervenne alla planimetria, poiché proprio tra le modalità di distruzioni prodotte dalla guerra, si definivano quelle radicali 'radere al suolo, alludendo al rasoio che recideva la barba, per cui di un edificio restavano soltanto pochi centimetri di muratura al di sopra del terreno, ovvero la sua pianta. Il riproporsi per secoli

ziò a coordinarle? Quale adozione ebbero nelle costruzioni in genere e in quelle edili in particolare?

Il disegno del prospetto comparve già nelle più antiche raffigurazioni su pietra, intonaco, legno, ceramica o papiro oltre 20.000 anni or sono. Il realismo, che in sostanza è una rappresentazione in proporzione o in scala, riservato dapprima ai soli animali raffigurati, agli albori della Storia si estese alla rappresentazione degli edifici, divenendo progressivamente più stringente, specialmente dopo l'imporsi del decoro ornamentale. Sui papiri del III millennio a.C., infatti, si sono trovati alcuni prospetti di case perfettamente delineate in ogni dettaglio e in proporzione e alla stessa epoca risalgono alcune tavolette sumeriche che tramandano delle planimetrie. Improbo tentare di stabilire di quest'ultime l'esatta origine e la relativa collocazione cronologica: trattan-

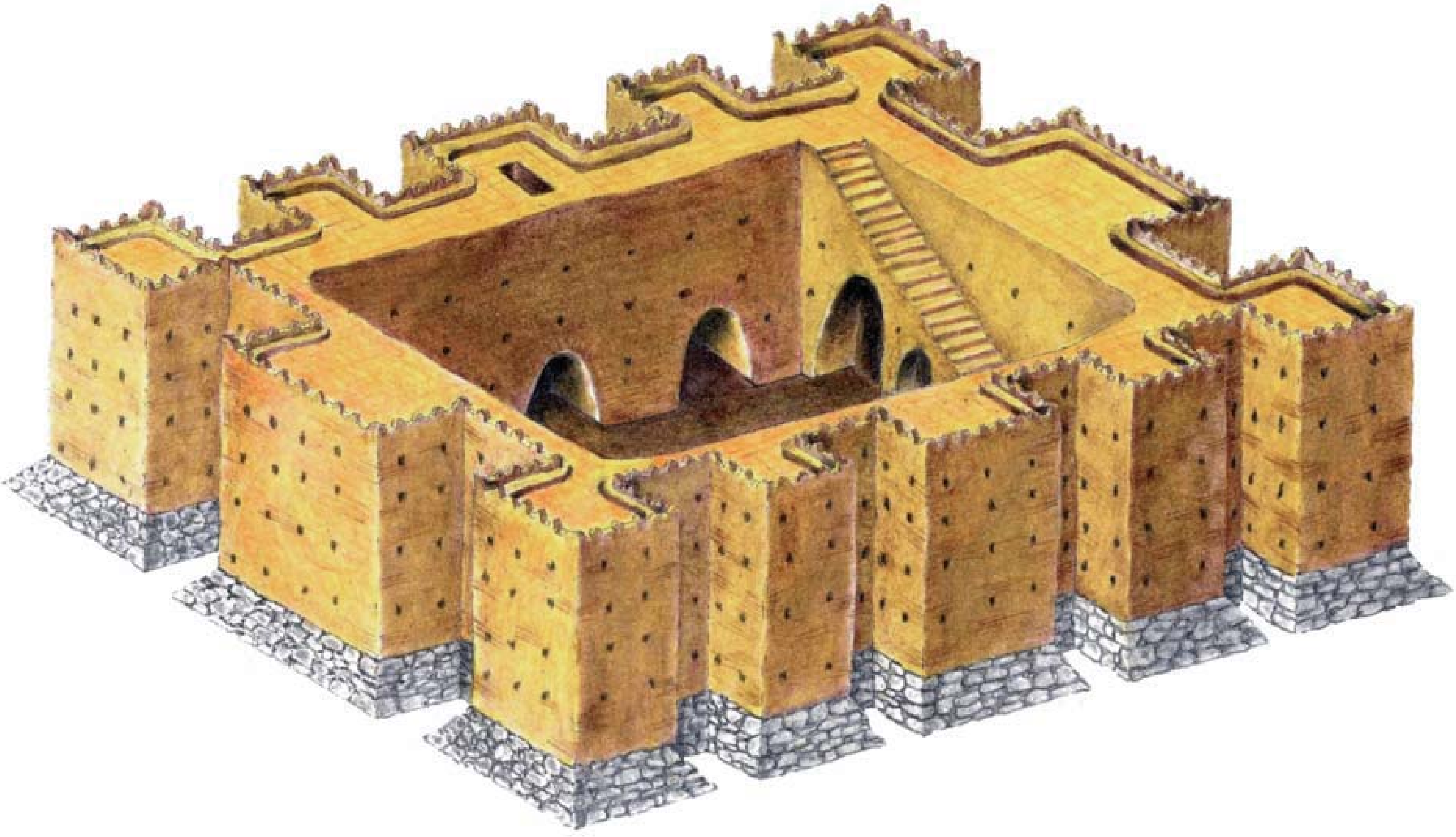
In alto: *prospetto in scala di un casa residenziale in un papiro del III millennio a.C..*
Nella pagina a fianco: *tavoletta sumerica di argilla del III millennio a.C. sulla quale è incisa la pianta in scala di un edificio per civile abitazione.*
Sotto: *ruderi appena affioranti dal terreno equiparabili alla pianta originale di quegli edifici.*

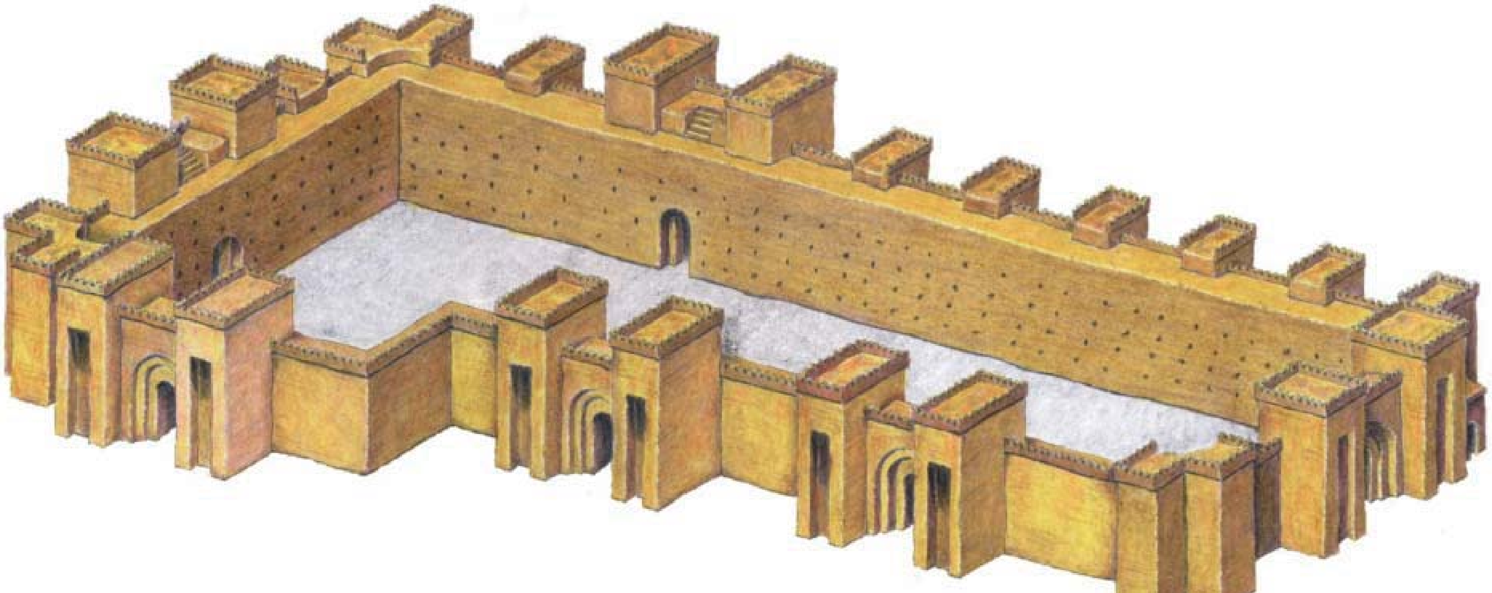
interessante osservare che la pianta o, per essere più precisi, la sezione orizzontale di una costruzione condotta quasi radente il terreno non fu una acquisizione solo occidentale, avviatasi in qualche sua regione e poi diffusasi nelle varie culture circummediterranee. In Cina, infatti, durante gli scavi condotti tra il 1974 e il 1978 nel cimitero reale di Zhongshan[10], oltre ai ruderi degli edifici, è affiorata una lamina di bronzo, datata al IV sec. a.C., su cui sta incisa una perfetta planimetria dell'intero complesso funerario, ovviamente in scala. Con la medesima logica della

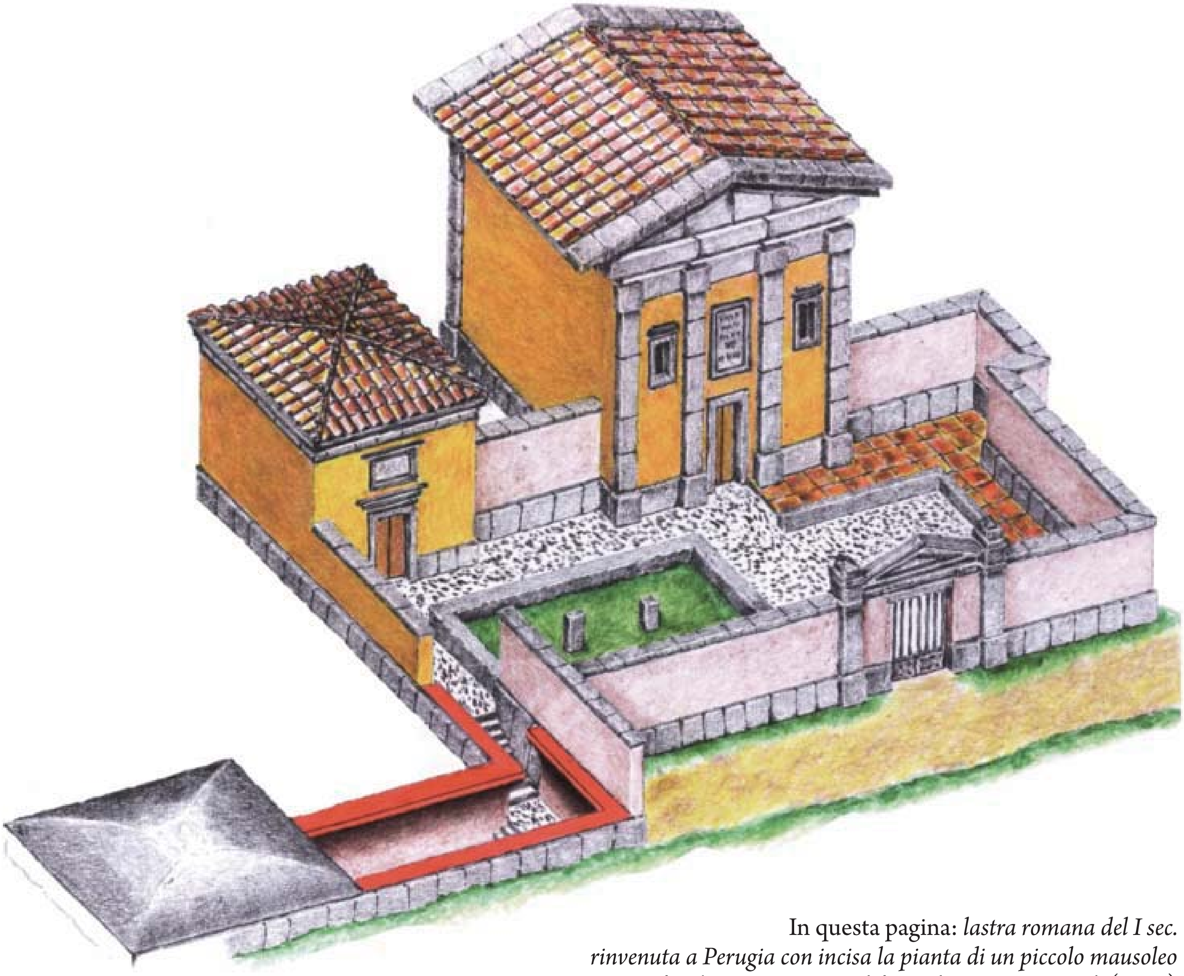
10 Per approfondimenti al riguardo cfr. riv. ARCHEO, n° 338, aprile 2013, pp. 38-49.

In alto: *tavoletta che viene fatta risalire al 3200 a.C. e ribattezzata 'di Narmer'. Nella parte in alto a sinistra, si nota la pianta di una fortezza egiziana.*
Sotto: *Statua di Gudea, governatore di Lagash nel III millennio a.C. con sulle ginocchia la pianta di un recinto sacro.*
Nella pagina a fianco, in alto: *Ricostruzione assonometrica della fortezza di Narmer;* in basso: *ricostruzione assonometrica della cerchia di Gudea.*

di analoghe immagini suggerì che proprio quelle, in proporzioni ridotte, avrebbero potuto essere il disegno più dettagliato per costruire un qualsiasi edificio. Tra i primi esempi pervenutici vi sono piante di fortezze egiziane del IV millennio a.C., piante di abitazioni mesopotamiche di poco posteriori, planimetrie di recinti sacri del III millennio a.C., e molto più tardi planimetrie di edifici residenziali romani, nelle quali debutta la raffigurazione del secondo piano. È







In questa pagina: *lastra romana del I sec. rinvenuta a Perugia con incisa la pianta di un piccolo mausoleo funebre con annesso edificio ed orto per i custodi* (sotto) *e ricostruzione assonometrica del mausoleo* (sopra).

pianta si ottennero, sia pure in maniera molto più sporadica, anche le sezioni verticali, di cui abbiamo un singolare esempio egiziano fatto risalire alla fine del II millennio a.C.. Logico reputare in conclusione la rappresentazione tecnica un linguaggio universale ed unico, immutabile nel tempo e interpretabile agevolmente da tutti, in ciò nettamente diverso dalla babele di linguaggi e forme di scrittura, di cui spesso si è persa qualsiasi capacità di decifrazione!

Calcolare

La calcolatrice di Blaise Pascal

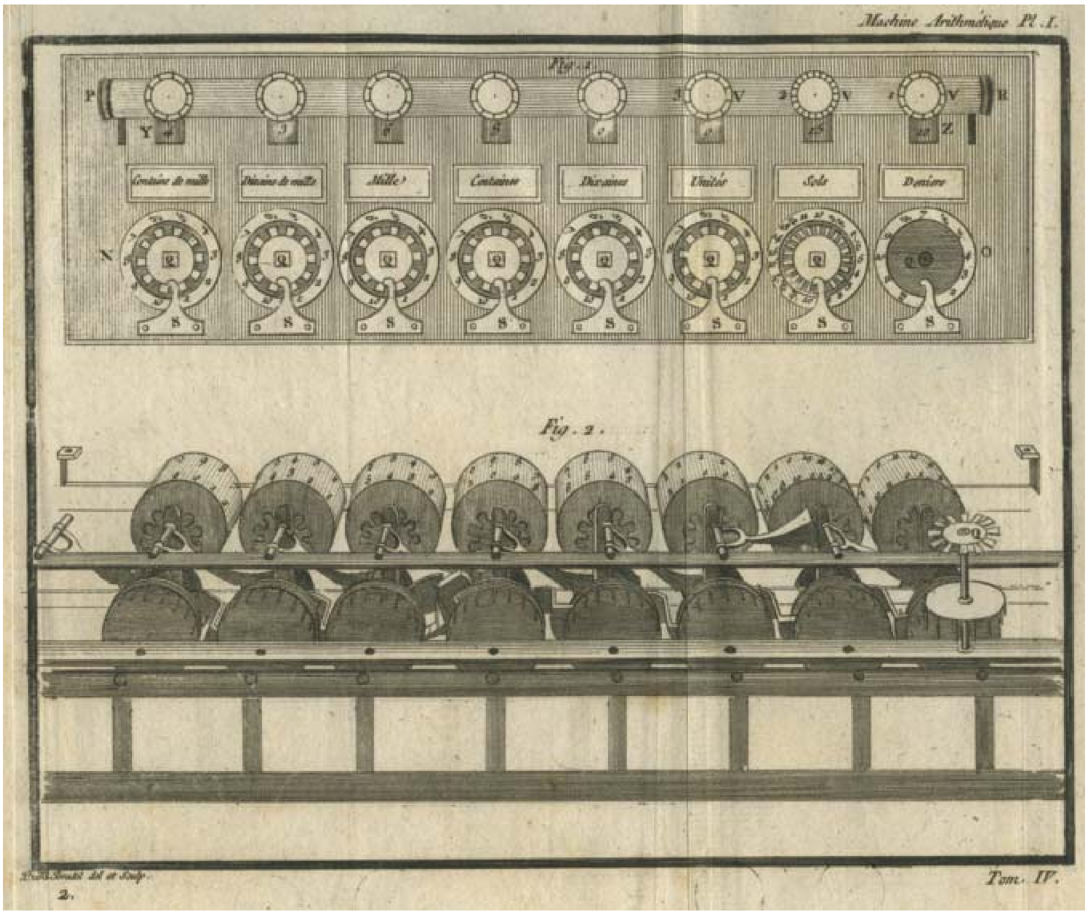
Una delle peculiarità del cervello umano è insita nel relazionare eventi e oggetti diversi in modo da ricavarne suggerimenti nuovi e vantaggi potenziali progressivamente maggiori. Processo che oltre a una conservazione mnemonica implica una capacità di analisi e una valutazione numerica o calcolo delle variabili in gioco. Somma e differenza presero così ad imporre la loro ferrea logica, assurta a regola imprescindibile quando le si applicarono alla movimentazione delle risorse, materiali prima e monetarie poi. Non a caso per le implicanze connesse l'avvento delle macchine per il calcolo se: "*la prima rivoluzione fu il risultato degli sforzi di una lunga successione di tecnici orientati in senso applicativo, come Porta, Newcomen, Watt e Boulton, la seconda nacque dalla laboriosa opera di matematici puri come Leibniz, Pascal, Babbage e Boole...*"[11]

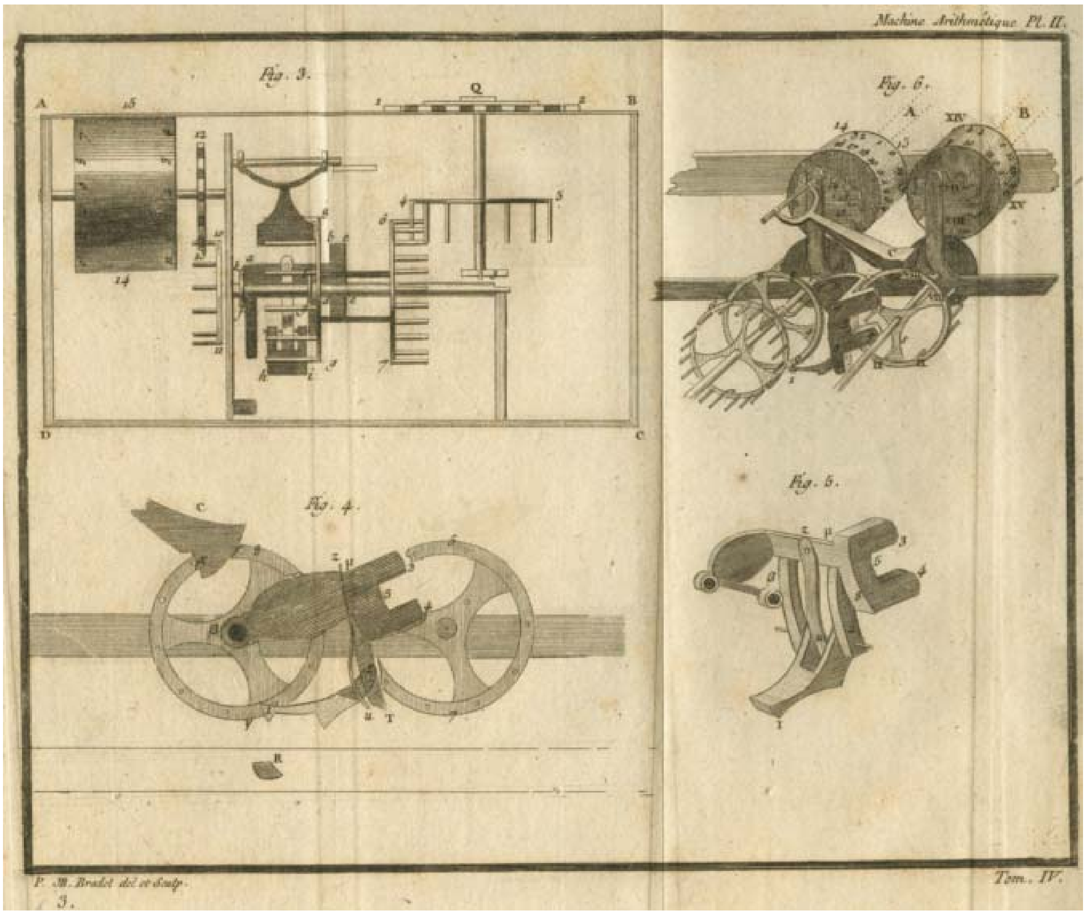
Calcoli senza dubbio facili dal punto di vista elaborativo, ma estremamente faticosi per le entità in gioco e per le conseguenze di un qualsiasi possibile sbaglio. Non stupisce quindi che le prime macchine meccaniche destinate a fornire risultati per addizioni e sottrazioni esenti da errori ebbero quale prioritaria destinazione le contabilità economiche, soprattutto fiscali. Fu, infatti, per aiutare il padre intendente di finanza a Rouen in Normandia, costretto perciò a frequenti lunghi calcoli, che nel 1642 appena diciannovenne ma già rinomato matematico, Blaise Pascal, 1623-1662, inventò e costruì uno strumento per agevolargli il gravoso compito. Nella versione decimale, il cui criterio informatore non differiva gran che dall'odometro di Erone, una serie di ruote dentate, che indicavano nell'ordine le unità, le decine, le centinaia e così via, erano divise in dieci settori da 0 a 9 corrispondenti perciò alle cifre del sistema decimale, tramite le quali facilmente la macchina poteva sommare o sottrarre le entità in gioco.

Dal punto di vista pratico la macchina decimale era costituita da una cassa parallelepipeda di ottone su di una superficie laterale della quale stavano imperniate sei ruote dentate, solidali attraverso il rispettivo asse ad ingranaggi posti all'interno. A partire da destra verso sinistra la prima ruota indicava le unità, la seconda le decine, la terza le centinaia e così via, fino alle centinaia di migliaia per l'ultima ruota. Ciascuna ruota recava incisa una doppia numerazione, fissa verso l'esterno e mobile all'interno, ambedue da 0 a 9. Al di sopra

11 - Da J. SINGH, *Teoria dell'informazione. Linguaggio e cibernetica,* Verona 1969, p. 20.

A fianco: *ritratto di Blaise Pascal.*


Machine Arithmétique Pl. I.
Fig. 1
Mille
Centaines
Dixaines
Unités
Sols
Deniers
Fig. 2
Tom. IV.


Machine Arithmétique Pl. II.
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 6
Tom. IV.

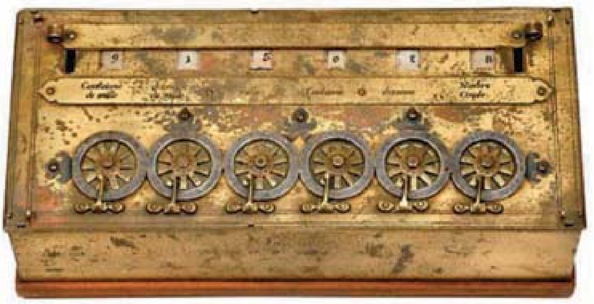
delle ruote altrettante feritoie binate, al cui interno compariva la cifra indicante il valore che la corrispettiva ruota aveva assunto fino a quell'istante nel corso dei calcoli. Un listello posto in corrispondenza delle fessure andava spostato verso l'alto per l'addizione impiegandosi solo le cifre della riga superiore, mentre per la sottrazione doveva lasciarle visibile entrambe.

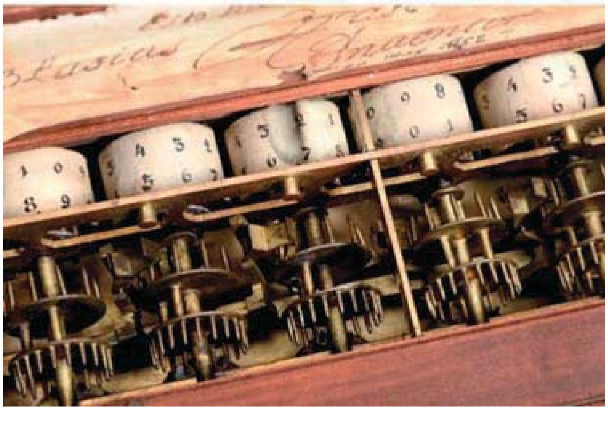
La versione 'finanziaria' quella verosimilmente ideata per il padre, dovendo funzionare in lire, ciascuna della quali composta da venti soldi di dodici denari, disponeva di un numero di settori diverso capaci di fornire anche il riporto. E fu proprio questa prestazione la parte più innovativa della macchina, che grazie all'aiuto di un orologiaio di Rouen fu prodotta in almeno una cinquantina di esemplari, alcuni dei quali per intuibili ragioni furono regalati ai più ragguardevoli personaggi dell'epoca. Nel 1649 fu lo stesso Re Sole a concedere al giovane inventore la privativa per lo sfruttamento commerciale della calcolatrice. La macchina, tuttavia, iniziò a conoscersi nel 1654 per un articolo sul periodico Muse Historique, sebbene il suo reale funzionamento fu chiaro solo dopo la dettagliata esposizione sull'Encyclopédie di Diderot nel 1779. Chiamata in seguito 'pascalina' costituì un basilare caposaldo nella storia della tecnologia[12] e la sua concezione, fatti i debiti aggiornamenti, sopravvisse nelle calcolatrici meccaniche fino agli anni '60 del secolo scorso.[13]

La calcolatrice di Gottfried Wilhelm von Leibniz

Quasi una trentina di anno dopo l'invenzione della pascalina, il grande matematico e filosofo Gottfried Wilhelm von Leibniz, 1646-1716, venutone a conoscenza, e forse anche in possesso di un suo esemplare, si propose di perfezionarne la concezione progettando una macchina che fosse in grado non solo di addizionare e sottrarre ma anche di moltiplicare e dividere. L'ideazione della macchina risale al 1672, ma il progetto esecutivo fu ultimato solo una ventina di anni

12 Cfr. B. GILLE, *Storia delle tecniche*, Roma 1985, pp. 491-96.
13 Cfr. P. A. GIUSTINI, *Il computer: storia, sviluppi e prospettive*, in *Esercito e Scienza*, Modena 1991, pp. 183-90.





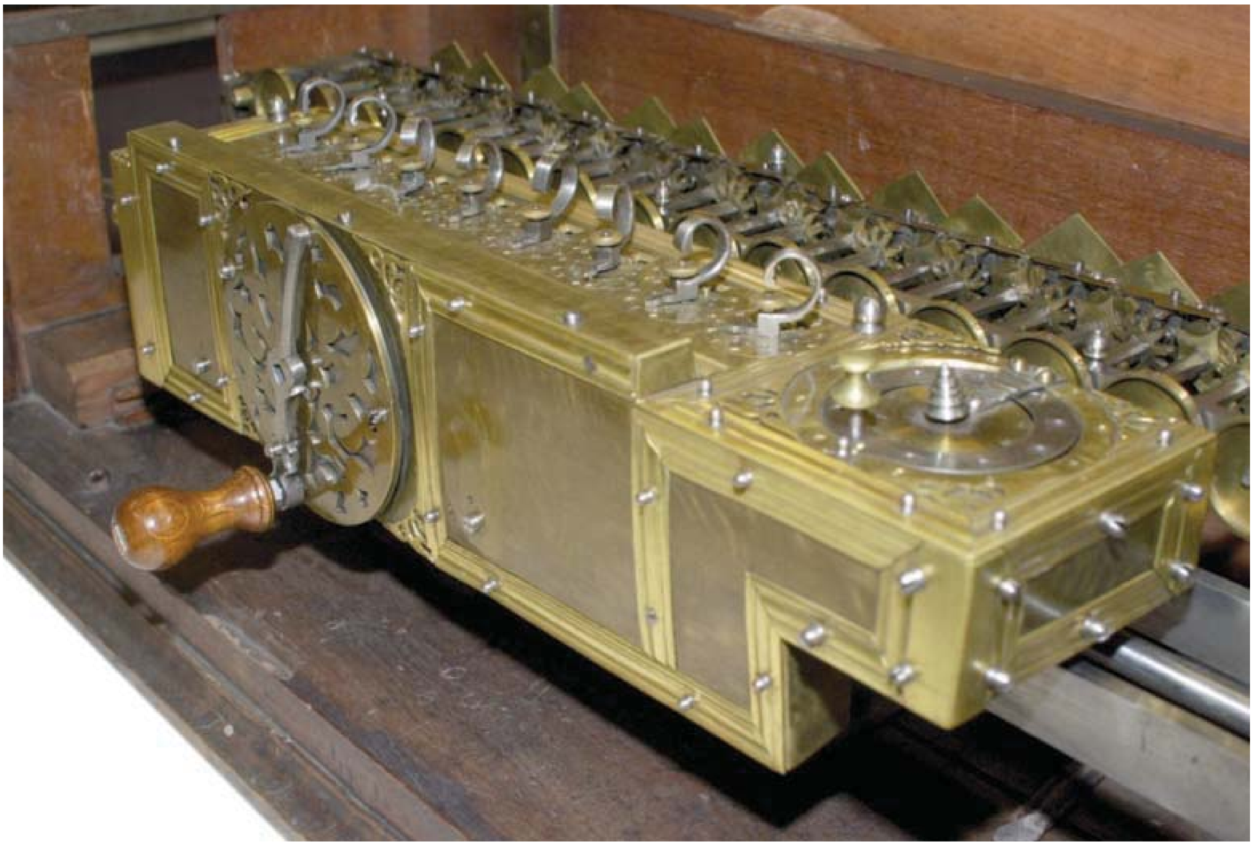
Nella pagina a fianco: *stampe del XVIII-XIX secolo raffiguranti la 'pascalina' e i suoi componenti.*
A fianco: *la 'pascalina' ed alcuni dettagli della stessa: ruote di carica, quadrante di lettura e meccanismo interno.*

il primo spostamento 523 diventa 2615, dopo il secondo diventa 20920, dopo il terzo 52300 che sommati fra loro danno 75835, risultato della moltiplicazione.

La calcolatrice, senza dubbio estremamente ingegnosa, ebbe inizialmente alquanti difetti e problemi di funzionamento soprattutto a carico del meccanismo di riporto, e un modello di legno fu fatto conoscere alla Royal Society di Londra il 1° febbraio del 1673, che incitò lo studioso a eliminarne le ultime imperfezioni. Tra il 1674-1685 fu realizzato il prototipo in ottone mentre l'ultimo modello si colloca tra il 1690-1720, cronologia che tradisce l'estrema complessità della calcolatrice di Leibniz, che in effetti resterà l'archetipo indiscusso di tutte le calcolatrici meccaniche ed elettromeccaniche fino all'avvento delle elettroniche che serviranno per il calcolo della traiettorie balistiche.[14]

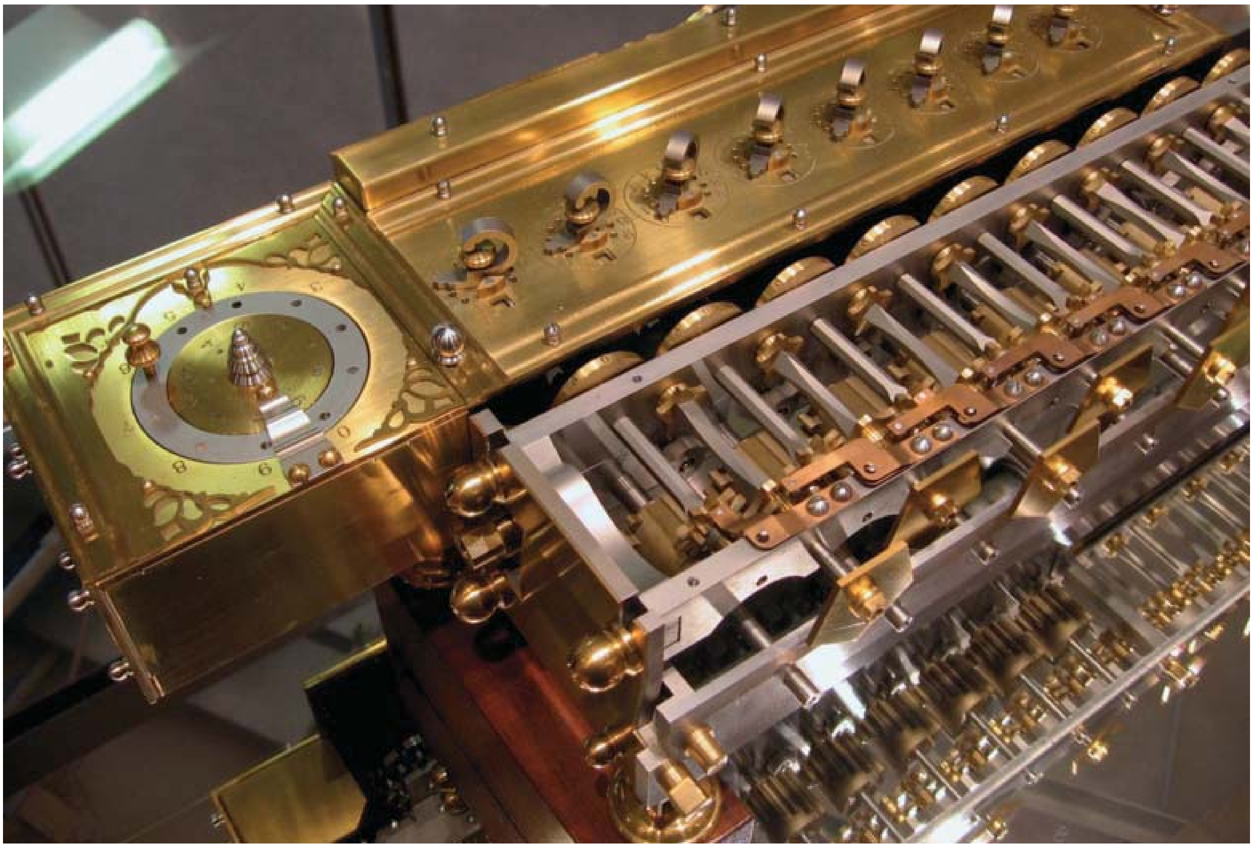
dopo e differì del tutto dalla macchina di Pascal. Definita in inglese Stepped Reckoner era anch'essa realizzata in ottone lucido, lunga poco meno di 70 cm e montata in cassa di rovere, e constava di due distinte parti, parallele e collegate fra loro. La vera novità fu l'adozione del cosiddetto traspositore, in grado di spostare un intero blocco di cifre rispetto all'accumulatore, componente in grado di memorizzare fino a sedici cifre. Pertanto, se per esempio si voleva moltiplicare 523 x 145 non si doveva sommare 523 145 volte, ma bastava impostare 523 e sommarlo 5 volte, quindi spostarne il blocco sulle decine e sommare 4 volte, quindi spostarlo ancora di uno scatto sulle centinaia e, infine sommare i parziali: per cui dopo

14 Precisa L. STANCA, *La sfida tecnologica nell'informatica*, in *Esercito e scienza...*, cit. p. 83: *"È interessante notare che il primo computer, denominato ENIAC, era destinato a un utilizzo di tipo militare: esso infatti fu messo a punto da Mauchly e Eckert nel 1945 per le tabelle di tiro dell'esercito americano".*



Nella pagina a fianco, in alto: *ritratto di Gottfried Wilhelm von Leibniz.*
Nella pagina a fianco, in basso: *la calcolatrice di Leibniz.*

Sopra: *veduta laterale della calcolatrice.*
Sotto: *meccanismi interni della calcolatrice di Leibniz.*



La squadra di Tartaglia

Niccolò Tartaglia, 1499-1557, deve la sua celebrità di matematico alla elaborazione delle formule risolutive dell'equazione di terzo grado e, soprattutto, all'impostazione della moderna balistica di cui giustamente è considerato il padre. Alle sue esperienze nel settore risale l'invenzione di una particolare squadra da lui descritta nel trattato *Nova Scientia* del 1537[15], che permetteva di valutarne l'inclinazione del cannone. Così la descrisse nella prefazione della suddetta opera:

> *Habitando in Verona l'anno MDXXI Illustrissimo S. Duca mi fu adimandato da un mio intimo et cordial amico Peritissimo bombardiere del Castel Vecchio… dil modo di mettere a segno un pezzo de artiglieria al più che può tirare. E a benche in tal arte io non avesse pratica alcuna niente di meno desideroso di servir l'amico mi promisi di farli in breve rissoluta risposta. Et poi che hebbi ben masticata et ruminata tal materia, gli conclusi et dimostrai con ragioni naturale et geometrice qual mente bisognava che la bocca dil pezzo stesse ellevata talmente che guardasse rettamente a 45 gradi sopra a l'orizonte, et per far tal cosa ispedientemente bisognava havere una squadra de alcun metallo over legno sodo che habbia interchiuso un quadrante con lo suo perpendicolo come di sotto appare in disegno…*[16]

15 La prima edizione era intitolata N. TARTAGLIA, *Nova scientia inventa,* e fu stampata a Venezia nel 1537 ad opera di Stefano dei Nicolini da Sabbio. In essa per la prima volta viene dimostrato, tramite calcoli matematici, che la traiettoria di un proietto non era una retta né due linee rette unite da una curva ma una parabola.

ALLO ILLVSTRISSIMO ET INVICTISSIMO SIGNOR Francescomaria Feltrense dalla Rouere Duca Eccellentissimo di Vrbino & di Sora, Conte di Montefeltro, & di Durante. Signor di Senegalia, & di Pesaro. Prefetto di Roma. & dello Inclito Senato Venetiano Dignissimo General Capitano.

EPISTOLA.

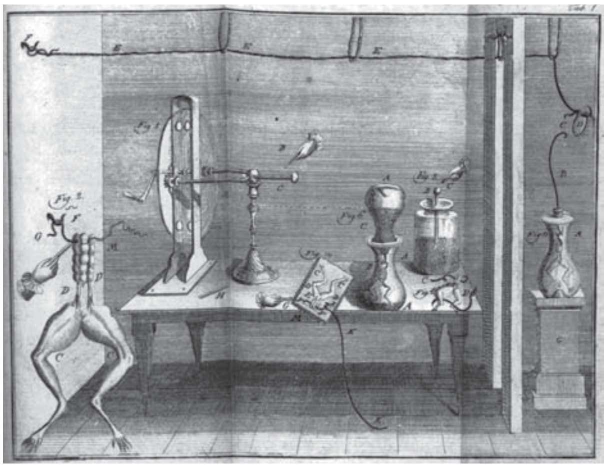
HABITANDO IN VERONA L'ANNO. MDXXXI. Illustrissimo. S. Duca mi fu adimandato da uno mio intimo et cordial amico Peritissimo bombardiero in castel uecchio (huomo atempato & copioso di molte uirtu) dil modo de mettere a segno un pezzo de artegliaria al piu che puo tirare. E a benche in tal arte io non hauesse pratica alcuna (per che in uero Eccellente Duca) giamai discarghetti artegliaria, archibuso, bombarda, ne schioppo) niente dimeno (desideroso di seruir l'amico) gli promissi di darli in breue rissoluta risposta. Et di poi che hebbi ben masticata & ruminata tal materia, gli conclusi, & dimostrai con ragioni naturale, & geometrice, qualmente bisognaua che la bocca dil pezzo stesse elleuata talmente che guardasse rettamente a. 45. gradi sopra a l'orizonte, & che per far tal cosa ispedientemente bisogna hauere una squara de alcun metallo ouer legno sodo che habbia interchiuso un quadrante con lo suo perpendicolo come di sotto appar in disegno, & ponendo poi una parte della gamba maggiore di quella (cioe la parte. b c.) ne l'anima ouer bocca dil pezzo distesa rettamente per il fondo dil uacuo della canna, alzando poi tanto denanti il detto pezzo che il perpendicolo. h d. seghi lo lato curuo. e g f. (dil quadrante) in due parti eguali (cioe in ponto g.) All'hora se dira che il detto pezzo guardara rettamente a. 45. gradi sopra al orizonte. Perche (Signor clarissimo) il lato curuo. e g f. del quadrante (secondo li astro-

BIBLIOTECA dell'ISTITUTO di FISICA dell' UNIVERSITA' - FIRENZE
Inv. 11825
Antico 380

16 Da N. TARTAGLIA, *Nova scientia...*, cit., prefazione.

A fianco: ritratto di Niccolò Tartaglia.
In alto e sopra: la squadra di Tartaglia per misurare l'angolo di elevazione di un cannone e dettaglio della stessa, riconducibile ad un inclinometro.

A ben vedere, lo strumento consisteva in una rielaborazione dell'antico archipendolo, al quale era stato aggiunto un settore graduato di 90° in maniera che un regolo mobile o un filo a piombo, vincolati al vertice della squadra potesse indicare l'angolo formato fra l'anima del cannone e la verticale ricavandosi così l'elevazione dello stesso, fra 0° e 45° volgarmente definita alzo. Quel dispositivo balistico in seguito conobbe numerose altre applicazioni in ambito civile, assumendo da un certo momento in poi il nome di inclinometro, strumento che si trova su tutti i veicoli, aerei, marini e terrestri, e persino su dei piccoli fuoristrada.



Trasmettere

La trasmissione radio di Luigi Galvani

Uno dei compiti basilari del cervello è l'attivazione di tutti i muscoli del corpo, comando volontario che avviene tramite l'invio lungo le fibre nervose di una leggera corrente elettrica, sia di origine interna che esterna, fenomeno che soltanto con l'esperimento di Luigi Galvani, 1737-1798, iniziò ad essere studiato e svelato. Non a caso, del fisiologo e fisico bolognese si ricordano in particolare i suoi studi sull'elettricità animale che pubblicò in un suo saggio nel 1791.[17] Già da anni, del resto, si sapeva che un determinato stimolo applicato a un nervo poteva provocarne la contrazione, fenomeno in cui si imbatté nel 1790 e che così descrisse:

Dissecai una rana, la preparai e la collocai sopra una tavola sulla quale c'era una macchina elettrica, dal cui conduttore era completamente separata e collocata a non breve distanza; mentre uno dei miei assistenti toccava per caso leggermente con la punta di uno scalpello gli interni nervi crurali di questa rana, a un tratto furono visti contrarsi tutti i muscoli degli arti come se fossero stati presi dalle più veementi convulsioni tossiche. A un altro dei miei assistenti che mi era più vicino, mentre stavo tentando altre nuove esperienze elettriche, parve dì avvertire che il fenomeno succedesse proprio quando si faceva scoccare una scintilla dal conduttore della macchina. Ammirato dalle novità della cosa, subito avvertì me che ero completamente assorto e meco stesso d'altre cose ragionavo. Mi accese subito un incredibile desiderio di ripetere l'esperienza e di portare in luce ciò che di occulto c'era ancora nel fenomeno.[18]

17 L. GALVANI, *De viribus electricitatis in motu musculari commentarius*, in *De Bononiensi Scientiarum et Artium Instituto atque Academia Commentarii*, vol. VII, Bononiae, Ex Typographia Instituti Scientiarum, 1791.
18 Da L. GALVANI, *De viribus…*, cit., in Pars Prima. *De viribus electricitatis artificialis in motu musculari.*

A fianco: *ritratto di Luigi Galvani.*
In alto: *stampa del XVIII-XIX secolo raffigurante l'esperimento di Galvani.*

Sebbene le sue conclusioni sulle cause del fenomeno fossero parzialmente errate, costituirono la premessa per le ricerche di Alessandro Volta che condussero alla realizzazione della pila elettrica. Ma la sua scoperta più importante, e rimasta anche a lui del tutto incompresa, fu quella che lo portò alla prima esperienza di telecomunicazione tramite onde radio! Galvani, infatti, nel corso dei suoi esperimenti sui nervi delle zampe posteriori di rane morte e spellate, si era accorto che per provocarne la contrazione non era necessario toccarli con una pinza bimetallica, verificandosi il medesimo effetto anche quando una macchina elettrostatica a strofinio faceva scoccare le sue scintille, persino a diversi metri di distanza. Le contrazioni inoltre risultavano tanto più energiche e rapide quanto più la scarica elettrica fosse a loro vicina: non poteva saperlo ma quelle scintille emettevano anche onde elettromagnetiche che, al pari di una sensibile antenna, i nervi della rana raccoglievano provocando la contrazione dei muscoli.

Le previsioni meteo di Giovanni Fortunato Bianchini

Giovanni Fortunato Bianchini, 1719-1779, di professione medico, già allievo di Niccolò Cirillo, si distinse oltre che nella pratica clinica anche nell'insegnamento accademico presso l'Università di Fermo, poi di Udine e infine di Padova. Di lui ci sono pervenuti due trattati: il primo del 1750 'Lettere medico-pratiche' inerente alle febbri maligne e alle loro possibili cure; il secondo del 1769 'La medicina di Asclepiade' sulle cure per le malattie acute, attingendo ai vari testi classici. Nella sua indagine rientrò anche l'elettricità atmosferica, che in base a molteplici osservazioni e a varie esperienze espose per grandi linee in un saggio pubblicato nel 1754.[19] In particolare in base ai tentativi compiuti nel 1752 da Dalibard e Franklin di catturare l'elettricità atmosferica con punte metalliche, faceva rilevare, ponendo così le basi per l'invenzione del parafulmine, che un qualcosa del genere già esisteva da secoli nel castello di Duino, presso Monfalcone, dove si usava per prevedere il tempo. Il Bianchini ne diede comunicazione all'Accademie delle Scienze in questi termini:

> *Quando fui avvertito da due religiofi, non effer questa cofa nuova nè infolita in quelle parti; anzi m'assicurarono essi, che nel Casello di Duino non lontano molto da questa Città, s conservano con gelosia due picche antichissime di ferro, le quali a guisa di due candele s'accendon' ogni volta ne' tempi diretti di Primavera e di State: e mi giurarono di più averne veduta, e riveduta più volte cogli occhi propri l'effetto, che è molto antico in quel Paese, e tanto è poi tanto antico da non potersene mai trovare il primo lontanissimo principio. Da questi primi lumi procurai cavarne degli altri, e venni a sapere poco dopo, che non solamente ardevano le picche, ma che presagivano eziandio le tempeste col cominciare ad ardere qualche tempo prima: dal che era nato il costume di suonare una Campana in tempo che più spicca la fiamma, dar segno sicuro di disgrazia imminente.*
>
> *E senza dare all'Opera più lungo indugio, mi portai circa il fine di Settembre dell'anno 1752 a quei Castello chiamato da Plinio, Pucino ora Duino; e famoso pel vino Fucino rammemorato dallo stesso Plinio come la delizia, e l'alessifarmaco della lunga vita di Livia Augusta non che di somma virtù celebrato a' tempi nostr' da Baccio sottile Natomsta de' vini migliori d'italia, e Medico eccellente: ed oltre a questo famosissimo per quell'imperiale palagio, che inver le nubi inalza l'augusta fronte, e domina la montagna e il mare vicino, servendo di delizioso soggiorno ai Conti di Val-*

19 - G. F. BIANCHINI, *Osservazioni intorno all'uso dell'elettricità celeste e sopra l'origine del fiume Timavo,* riportate in due lettere, Venezia 1754.

A fianco: *il castello di Duino, presso Monfalcone.*

sassina Signori del Carso, e dell'illstre lignaggio dei la Torre, ornamento e decoro del Friuli; e dove risiede di presente il Conte Turrismondo, saggio, magnanimo, cortese, alla cui assistenza io debbo la massima parte, e la migliore di queste mie ricerche. Cola dunque ne andai, e mi vi trattenni parecchj giorni, senza che 1a fortuna favorisse né poco, né punto i miei dissegni, correndo la stagione d'Autunno sempre asciutta, e sempre ventosissima. Passato l' Ottobre finì la speranza di vedere per'opra, ciocchè mi veniva confermato con parole, e fui assicurato che le picche cominciano a far fuoco a i primi Lampi, e Saette di Primavera, e durano fino a buona parte d'Autunno, e non danno altro segno in appresso, cessando appunto d' imperversare il Fulmine. Nondimeno cercai di confrontare colla più costante tradizione, parecchj fatti degni di giusta esamina, per venire in chiaro, e dell'antichità di tale Fenomeno, e dell'uso solito farsene in quel Paese. E dopo alcune diligenze m'imbattei alla prima in una lettera Latina scritta fin dall'anno 1602 la quale fa distinta menzione d'una di queste picche, e parla di essa come cosa non recente. Esaminata poi la tradizione corrente, trovai che da circa un Secolo a questa parte erano state ben tre volte rifatte le due picche, ritenendo però sempre la stessa figura di prima; e che da Padre a Figliuolo correva antichissima rimembranza d'averle vedute sempre in quel sito medesimo; e di più sospettavano certuni, che nel vicino Castello dirupato da molti Secoli si facesse la stessa prova, dal vedersi ancora lungo ferro aguzzo sollevato in sito assai eminente: ma ne scoprii la falsità rampicandomi a certi dirupi, donde ravvisai in poca distanza esser egli un ferro fatto a piramide, ed impiantato sopra palla di marmo, per finitura d'un merlo. Né m'indurrò mai, e poi mai a credere, per quanto mi sappiano dire, che le due picche sieno state lavorate a bella posta, e messe in un Baluardo del Castello per servire all'uso accennato; anzi tengo ferma opinione, che fin da principio supplissero esse all'ufizio medesimo cui servono di presente: cioè la picca più alta ligata perpetuamente al Baluardo, per additare il segno di guardia: l'altra più piccola, amovibile e della figura di brandistocco, per armatura pronta del Soldato che monta la guardia in tempo piovoso, in cui non gli è permesso armar la spalla di Fucile. Laonde non sarà cosa tanto strana il congetturare, essere stati i primi fortunati scopritori del curioso Fenomeno le Sentinelle della Torre, e dal vederselo comparire avanti gli occhi più volte all'anno, averne esse notate le prime prove; di tempo in tempo crescendo il numero delle Osservazioni facili a farsi da persone, che di notte e di giorno guardano lo stesso sito, e passeggiano immediatamente sotto la picca più alta, si stabilisse massima intorno all'uso del Fenomeno; ed a tale effetto sieno state da secoli, e sempre con gelosia custodite le picche, e con egual diligenza conservate a'giorni nostri nel Baluardo medesimo…

La maniera poi solita a tenersi nell'osservare, mi fu descritta per minuto da un certo uomo incanutito nel mestiere del Soldato, nato e nutrito da sessanta e più anni in quel Paese; ed è appunto la seguente. Appena incomincia ad oscurarsi il Cielo tra folte e larghe nubi, e si vede e s'ascolta in vicinanza il Baleno e la Saetta, va la Sentinella a rimirare la picca più alta nella cui cima appariscono le prime scintille; e se da esse ne scoppia qualcheduna, entra tosto in sospetto di cattivo tempo. Attento attento va egli osservando in appresso, se col crescere de' Tuoni, e de' Lampi, ed a misura che s' affollano le nubi, cresce ancora la frequenza, e la vivezza delle scintille: il che gli si rede facile coll' avvicinare alla picca il brandistocco, toccando leggiermente una punta coll' altra. E se allora si sperimenta più gagliardo il fuoco nel primo ferro Elettrizato, e passa a communicarsi al secondo, cresce il timore della tempesta vicina; e corre egli tosto a suonare una campana posta in sito il più eminente del Castello, per darne avviso tanto a i Contadini dispersi per la montagna, che alle barche che pescano nel golfo vicino. E questa osservazione falla ben di rado, e ne da sicura prova la molta fiducia che hanno egualmente al detto suono i Villani ed i Marinari, i quali fanno presto a ritirarsi in salvo. Altra prova si ricava da certa tradizione, non so se vera o falsa, la quale porta, che già un Secolo e poco più, al primo ardere delle picche si scaricavano due o tre volte i Cannoni del Castello in segno di turbine imminente. E ciò mi fu fatto leggere in un' affumigato scartabello di Cronaca mal concepita, spettante a parecchie cose del Convento de' Padri Serviti di Duino: dove soggiunge lo Scrittore, che un certo santo Missionario del suo Ordine fu il Primo a togliere gli scarichi d'Artiglieria, ed in sua vece ordinò che si suonasse la Campana messa a quel tempo in cima della Torre: credendo piamente ch'essendo ella carica zeppa di mille benedizioni, e d'indulgenze senza numero e misura, fosse per riescire formidabile sopra tutti i Cannoni e le cannonate possibili contro la tempesta, e le saette...

Le scintille e la piccola fiamma leggiera che s'alza in punta delle picche, è detta quivi communemente fuoco di S. Elena, e col nome medesimo chiamavasi nell'anno 1602, secondo il Padre Imperati: e ciò probabilmente dalla somiglianza al fuoco fatuo solito a comparire sopra gli alberi della nave, e serpeggiare attorno attorno alle vele ni atto della tempesta; il quale fuoco porta anco il nome di S. Elena presso que' marinari del golfo. E per verità la somiglianza grande che passa tra una fiamma e l'altra, ha fatto nascere l'inganno non solamente quivi, e tra gente semplice e grossolana; ma più e più volte ha chiuso gli occhi a' Fisici oculatissimi dell'Accademie più colte d'Europa, facendo loro confondere l'Elettricità col fuoco fatuo, e con altre solfuree esalazioni; e forse, e senza forse per non esser loro toccato in sorte di vedere gli esperimenti Elettrici pur troppo noti oggidì...[20]

20 - Da G. F. BIANCHINI, Osservazioni…, cit., pp. 6-15

Il fenomeno di elettroluminescenza, già osservato e descritto da Plinio il Vecchio, fu dal Bianchini ulteriormente indagato distinguendo la sua natura elettrica dalla mera fosforescenza chimica. La perturbazione così prevista veniva perciò annunciata col suono di una campana i cui rintocchi, udibili anche dai pescatori in mare, suggerivano loro di rientrare al più presto.

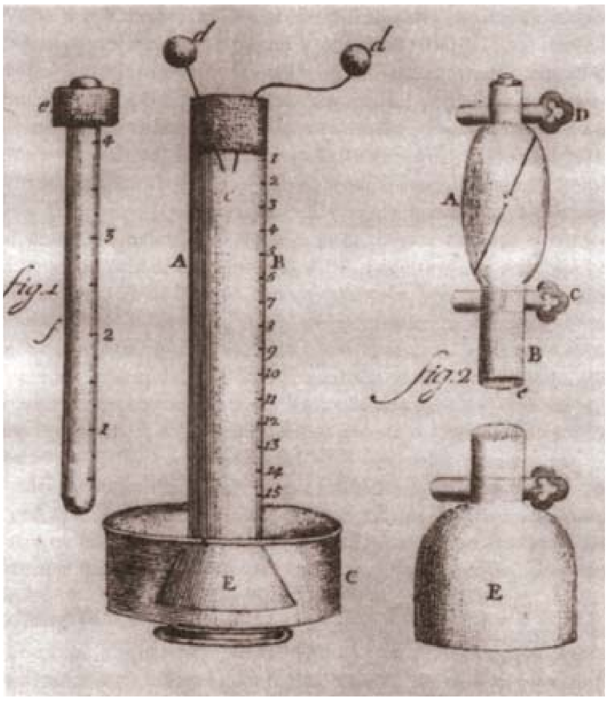
L'esploditore di Alessandro Volta

Tra i prodromi più importanti della scoperta e, soprattutto, dello sfruttamento dell'elettricità si colloca la pila di Alessandro Volta, 1745-1827, che riprendeva il criterio informatore osservato da Galvani, determinato dal collegamento tramite un liquido conduttore di una coppia di due metalli diversi. La pila di Volta, infatti, è una serie di celle galvaniche, o più semplicemente di coppie di dischi di metalli diversi, nella fattispecie rame e zinco, separati da un feltro imbevuto di acqua salata o leggermente acidula. Collegando il primo e l'ultimo disco con un conduttore si avrà il passaggio di una corrente elettrica determinata dalla differenza di potenziale, che continuerà fino a quando i potenziali elettrici fra i due metalli non si sono equiparati. È interessante ricordare che, poco dopo l'invenzione della pila, Volta compì una serie di esperimenti che potrebbero considerarsi prodromici alla costruzione degli esploditori elettrici per le mine che per la loro affidabilità e sicurezza ridussero enormemente il numero di incidenti in miniere e cave. Lo strumento da lui realizzato per quello scopo fu chiamato eudiometro e consisteva in un tubo di vetro chiuso ad una estremità da un tappo di sughero sigillato con mastice ed immerso nell'acqua dall'altra. Il tappo era attraversato da due fili metallici, terminanti con due sferette metalliche: riempito il tubo di una miscela gassosa infiammabile e collegando i conduttori ad una pila, fra le sfere scoccava una scintilla che faceva incendiare

In alto: *ritratto di Alessandro Volta.*
Sotto: *Volta presente la pila ed i suoi effetti a Napoleone.*

il gas, provocando così l'esplosione del tubo. L'esperimento oltre a essere utilizzato negli esploditori elettrici, trova una vastissima applicazione nel dispositivo di accensione dei motori a combustione interna, dove al posto delle sfere vi sono gli elettrodi della candela.

In basso: *la pila di Volta.*
A fianco: *stampa del XVIII-XIX secolo raffigurante l'eudiometro utilizzato da Volta.*



Percepire

L'anestesia di Ambroise Paré

La corrente elettrica, che negli organismi viventi trasmette i vari comandi del cervello ai muscoli, trasmette anche in senso inverso i segnali prodotti dai tanti sensori sparsi per il corpo. Abbiamo così la percezione della temperatura, della pressione, della luce, del suono, degli odori e dei sapori ma, soprattutto, gli sgraditi segnali del dolore. Questi sono un po' come le spie rosse sui quadri di comando: servono per allertarci in caso di minacce pericolose e distruttive per il corpo evitandogli perciò più gravi danni. Quando ad esempio la percezione del calore si trasforma in dolore, significa che una zona del nostro corpo per eccessivo riscaldamento si sta danneggiando e che occorre subito allontanarla dalla deleteria fonte! Disgraziatamente le trasmissione del dolore avvengono pure, con intensità spesso intollerabile, anche quando si sta attuando un rimedio potenzialmente salvifico: l'amputazione di un arto in cancrena salva la vita, ma è sicuramente atroce da sopportare.

Un certo Ambroise Paré, che si suppone nato intorno al 1510 da umilissimi genitori, fu un chirurgo-barbiere, professione di gran lunga meno nobile della medicina ma particolarmente apprezzata sui campi di battaglia. Ignoriamo quasi completamente il suo apprendistato, che lo portò verso i venti anni a Parigi, dove perfezionò notevolmente le sue conoscenze, tan-

t'è che a 26 anni si qualificò Maestro Chirurgo-Barbiere dopo aver superato, forse al secondo tentativo, l'esame di ammissione nella relativa corporazione. Poco dopo, nel 1537, lo troviamo al servizio del Colonnello Montejan partendo per la guerra per Torino. Durante gli scontri ebbe modo di osservare la barbaria delle cure riservate ai feriti, spesso la vera causa del successivo decesso, dopo strazi e torture indicibili spacciate come unici rimedi. Emblematico l'episodio di cui fu testimone a Torino:

> *Arrivato in città, sono entrato in una stalla… e vi ho trovato quattro soldati morti e tre appoggiati contro il muro, con le connotazioni stravolte, e non ho visto, sentito, né parlato, ed i loro vestiti erano ancora fumanti dove la polvere da sparo li aveva bruciati. Mentre stavo guardando con pietà, ci fu un vecchio soldato che mi ha chiesto se ci fosse un modo per curarli. Ho detto di no. Dopo di che si avvicinò a loro e gli tagliò la gola, con delicatezza, e senza malanimo. Vedendo questa grande crudeltà, gli ho detto che era un malvagio: ha risposto che pregava Dio, se mai si fosse trovato in una tale situazione, di poter trovare qualcuno che facesse lo stesso con lui, senza indugiare nella pietà.*[21]

Fu in quelle terribili circostanze che ebbe modo di sperimentare una prima forma di anestesia, ottenuta forse per compressione meccanica del tronco nervoso, e la legatura dei vasi sanguigni per fermare le emorragie sugli arti amputati e fu allora che per l'enorme numero di feriti da operare, non disponendo più di olio bollente per cauterizzarne le amputazioni, si servì del tuorlo d'uovo ed essenza di trementina. In caso di complicazioni avrebbe rischiato la stessa vita per cui non stupisce che scrisse al riguardo:

> *La notte non riuscii a dormire tranquillo, col timore, per la mancata cauterizzazione, di trovare*

21 Ambroise Paré rievoca le sue esperienze di medico militare durante il XVI secolo in un saggio dal titolo *Journeys in diverse places*, 1537-1569.

In alto, a sinistra: *ritratto di Ambroise Parè.*
Sotto: *James Bertrand (1823-1887),* Ambroise Parè esamina un cadavere*, Musée Charles de Bruyères à Remiremont.*

morti avvelenati coloro con i quali non avevo usato l'olio bollente; pertanto mi alzai molto presto per visitarli, e, con mia grande sorpresa, scoprii che quelli ai quali avevo applicato la lozione medicinale non soffrivano molto, e le loro ferite non presentavano infiammazione e gonfiore, e la notte avevano riposato ragionevolmente bene; gli altri, su cui avevo usato il detto olio bollente, li trovai febbricitanti, in preda a forte dolore e con gonfiore intorno alle ferite. Allora decisi tra me che mai più avrei crudelmente bruciato dei poveretti feriti con armi da fuoco.[22]

Forte di tale riscontro nel 1545 scrisse un trattato intitolato: Il metodo di cura delle ferite provocate da archibugi e altre armi da fuoco, frecce e similari; inoltre sulle ustioni causate in particolare da polvere di cannone. Nella prefazione affermò che la sua massima aspirazione era di istruire i nuovi chirurghi guidandoli nella professione. Nel 1552 ebbe modo di operare un Ufficiale ferito in modo grave ad una gambe, destinata per l'epoca all'amputazione. Legatogli le arterie lo fece rapidamente guarire ottenendone una viva gratitudine.

VEDERE

Telescopio

Come in precedenza accennato il cannocchiale non fu una invenzione di Galileo Galilei ma un suo perfezionamento, notizia peraltro che lui stesso riassume rievocando il ruolo sostenuto nella vicenda nel Sidereus nuncius. In particolare tramanda come ebbe l'idea di costruire dapprima un semplice cannocchiale e poi, per potenziamenti successivi, un telescopio che presto utilizzò nelle osservazioni astronomiche. Scriveva pertanto:

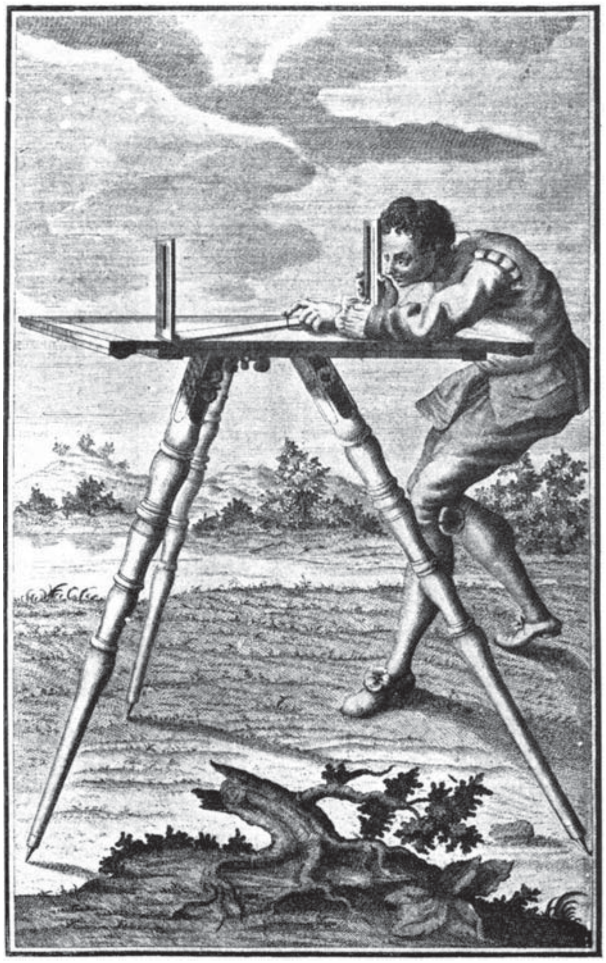
Sono dieci mesi incirca, che pervenne a' nostri orecchi un certo grido, esser stato fabricato da un tal Fiamingo uno occhiale, per mezzo del quale gli oggetti, benché assai distanti dall'occhio, si vedevan distintamente come se fussero vicini; e di questo effetto invero ammirabile si raccontavano alcune esperienze, le quali altri credevano, altri negavano. L'istesso pochi giorni dopo fu confermato a me per lettera di Parigi da un tal Iacopo Badovero, nobil francese; il qual avviso fu cagione che io mi applicai tutto a ricercar le ragioni ed i mezzi per i quali io potessi arrivare all'invenzione di un simile instrumento: la quale conseguii poco appresso, fondato sopra la dottrina delle refrazioni. E mi preparai primieramente un cannone di piombo, nelle estremità del quale accomodai due vetri da occhiali, amendue piani da una parte, ma uno dall'altra convesso e l'altro concavo: al quale accostando l'occhio, veddi gli oggetti assai prossimi ed accresciuti; poi ché apparivano tre volte piú vicini, e nove volte maggiori, di quello che si scorgevano con la sola vista naturale. Dopo mi apparecchiai un altro strumento piú esatto, che rappresentava gli oggetti piú di sessanta volte maggiori. Finalmente, non perdonando a fatica né a spesa alcuna, pervenni a tal segno, che me ne fabbricai uno cosí eccellente, che le cose vedute con quello apparivano quasi mille volte maggiori, e piú che trenta volte piú prossime, che vedute dall'occhio libero.

Quali e quanti siano i commodi ed usi di questo instrumento, cosí in terra che in mare, sarebbe affatto superfluo il registrargli. Di che accortomi allora, lasciando le cose terrene, mi rivolsi alle speculazioni celesti: e prima veddi con esso cosí da vicino la Luna, come se appena ci fusse distante per due soli semidiametri della Terra. Dopo questa, con incredibile alle-

22 - A. PARE', *The journey to Turin 1537*, in *Journeys in diverse places*, cit., cap. 1°.

In alto: *il telescopio di Galileo Galilei.*

grezza osservai piú volte le stelle, fisse ed erranti; e vedendole così spesse, cominciai a pensare sopra il modo col quale io potessi misurare le lor distanze, e finalmente il ritrovai. Di che conviene che sia avvertito ciascuno di quelli che applicar vogliono a simili osservazioni. È perciò necessario, in primo luogo, che abbino un perfettissimo occhiale (quale dal suo uso Telescopio potrà chiamarsi), che rappresenti gli oggetti chiari e distinti, e sgombrati d'ogni caligine, e che gli mostri almeno per quattrocento volte maggiori; imperciocché allora appariranno per venti volte piú vicini: che se lo strumento non sarà tale, invano si tenterà di osservare tutto ciò che da me è stato veduto in cielo, e che qui appresso andrò registrando.[23]

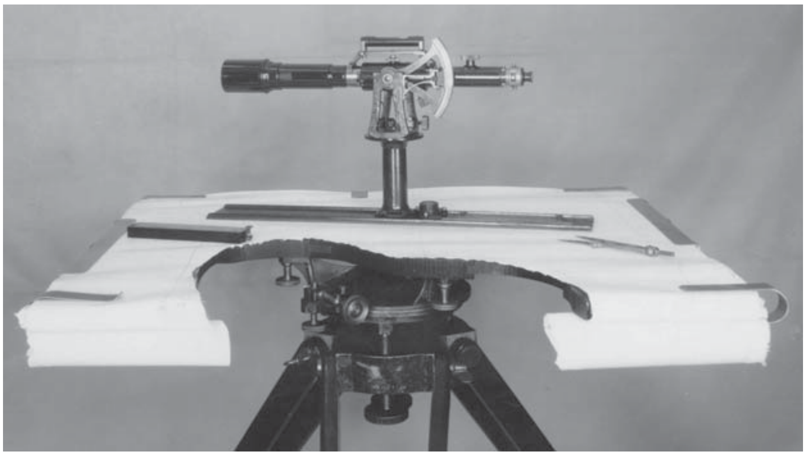


Rilevare

Tavoletta pretoriana

Il perfezionarsi della topografia, indispensabile sia per le campagne militari che per i lavori di ingegneria di maggiore portata, determinò sin dal XV secolo l'esigenza di procedere con strumenti a traguardo più precisi al rilievo del territorio circostante. L'invenzione della bussola, della rosa graduata e del cannocchiale suggerì il loro abbinamento in un unico strumento costituito da una piccola tavola, sulla quale andava fissato un foglio da disegno, e da una alidada, simile alla diottra di Erone e, più tardi, da un cannocchiale. Ovviamente in un caso e nell'altro un righello solidale alla linea di mira dell'alidada o del cannocchiale, consentiva di tracciare subito l'angolo rilevato sul foglio, fissato alla tavoletta, che una livella garantiva orizzontale e la bussola orientava in maniera abbastanza precisa. La sua invenzione sembra ascrivibile ad un certo Giovanni Richter, latinamente detto Praetorius, 1537-1616, nell'anno 1590. Consisteva in una tavoletta quadrata di circa 40 cm di lato, sostenuta da un treppiedi e fornita di una alidada, in pratica un traguardo rotante munito di un righello, nonché di una bussola e di un triangolo altimetrico. Il Pretorio secondo alcuni autori, si sarebbe ispirato a Vitruvio, pur essendo qualcosa di simile già inventato dall'italiano Silvio Belli, autore del "*Libro del misurar con la vista*"[24], inerente proprio ai problemi di longimetria e altimetria. Dal punto

23 - Rievocazione scritta da Galileo Galilei tra febbraio e marzo del 1610. Cfr. G. GALILEI, *La prosa*, Sansoni, Firenze, 1978, pagg. 56-59



24 Cfr. S. BELLI, *Libro del misurar con la vista*, Venezia 1566. Recita la prefazione: "*Libro del misurar con la vista: nel quale s'insegna senza travagliar con numeri, a misurar facilissimamente le distantie, l'altezze, e le profondità con il quadrato geometrico, e con altri stromenti, de' quali in ogni luogo quasi in un subito si puo provedere...*".

In alto: *stampa del XVII secolo raffigurante un rilevamento con la tavoletta pretoriana.*
A fianco: *tavoletta pretoriana, parzialmente sezionata, del secolo scorso.*

di vista operativo: "*lo strumento fu molto adoperato una volta per le levate topografiche della maggior parte dei paesi d'Europa, perché gli operatori non hanno con esso né da leggere né da trascrivere né da riportare angoli sulla carta, per ottenere le proiezioni della linea visuale, in una parola, per la planimetria almeno non c'è pericolo d'errori di lettura.*"[25]

Sebbene l'invenzione della tavoletta, come accennato, sia avvenuta nell'ultimo scorcio del XVI secolo in ambito militare, in Italia risulta introdotta da Giovanni Giacomo Marinoni, 1676-1755 che la utilizzò per il rilievo del catasto milanese del 1720. È interessante ricordare che dal modello più evoluto e perfezionato di tavoletta pretoriana, usata dall'Istituto Geografico Militare Italiano per il rilievo della cartografia nazionale in scala 1/25.000, trassero nome i singoli fogli, che ancora vengono chiamati 'tavolette'.

SEGNALARE

Telegrafo ottico Chappe

L'idea di per sé non era nuova, avendone in qualche modo già fatto cenno Renato Vegezio Flavio:[26] due aste verticali che assumendo varie posizioni indicavano con ciascuna le diverse lettere dell'alfabeto. La novità se mai fu l'abbinamento di quel sistema al cannocchiale, dandogli perciò delle potenzialità di trasmissione di gran lunga maggiori. Una eventuale tratta di 200 km che in epoca romana avrebbe richiesto una quarantina di stazioni ripetitrici, con l'impiego del cannocchiale si limitava a un quindicina. Ovvio perciò che fu proprio un umanista, per l'esattezza un abate, che riscoprì l'antico telegrafo ottico di epoca imperiale e lo attualizzò sul finire del XVIII secolo. Claude Chappe, 1763-1805, con una serie di esperimenti pratici effettuati insieme ai suoi fratelli su come trasmettere a distanza informazioni di rilevante importanza, prime fra tutte quelle militari, pervenne alla realizzazione di un dispositivo ottico basato su aste mobili di discreta semplicità d'impiego e di rapido utilizzo, istallato su di una catena di torrette reciprocamente a vista. La dimostrazione pubblica avvenne nel 1793 dopo che era stato elaborato anche un adeguato alfabeto segnico. Il meccanismo constava di asta verticale, di circa 4-5 m, sulla quale stava imperniato un braccio rotante, detto regolatore e lungo 4 m, che a sua volta recava alle estremità due bracci minori, detti indicatori e lunghi 2 m muniti di adeguati contrappesi. L'insieme dei vari bracci, interamente dipinti di nero

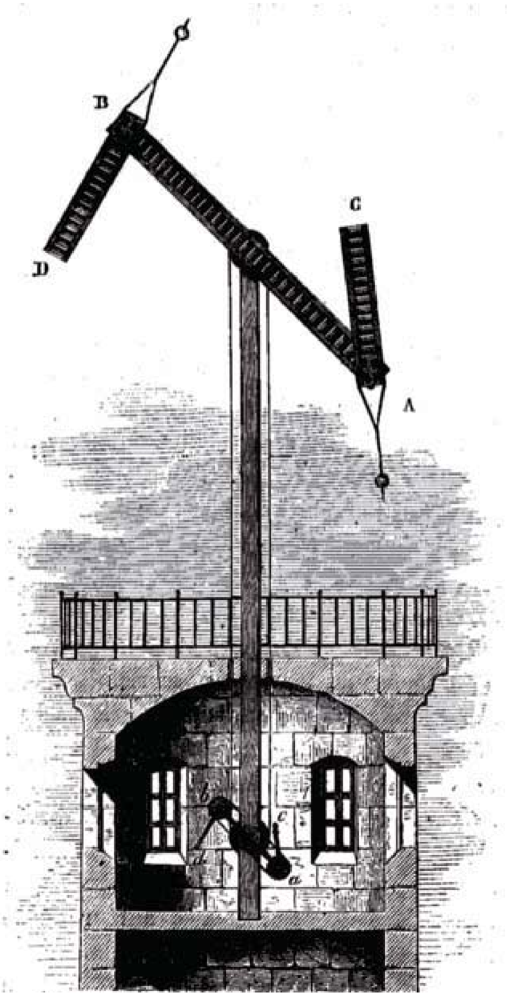
Sopra: *raffigurazione di una stazione del telegrafo ottico di Chappe.*
In basso, a sinistra: *ritratto di Claude Chappe.*

25 Da G. BOFFITO, *Gli strumenti della scienza e la scienza degli strumenti*, Firenze 1929, rist. Roma 1982, p. 101.
26 Cfr. F. RUSSO, I*ndagine sulla scomparsa di un Ammiraglio*, Napoli 2006, pp. 84-98.

per accrescerne la visibilità, era manovrato mediante funi e carrucole, invenzione di un certo Breguet orologiaio, dall'interno della torre d'impianto, in modo da potergli fare assumere rapidamente la configurazione della lettera o dei numeri stabiliti. Tramite un cannocchiale un secondo operatore nel mentre che leggeva il dispaccio della torre contigua lo ripeteva per la successiva, e così via.

Preso atto della validità del sistema nel 1793 la Repubblica Francese ne approvò l'adozione e finanziò la costruzione di una linea sperimentale di 190 km tra Parigi e Lille basata su 15 stazioni, che entrò in servizio il 15 agosto dell'anno successivo. Il 3 settembre da quella linea giunse a Parigi la comunicazione che la cittadina di Condé-sur-l'Escaut, già occupata dagli Austriaci l'anno prima, era stata liberata! Lo straordinario successo fece istallare una dopo l'altra altre linee che alla fine del secolo ammontavano a 150, alcune anche internazionali.

A fianco: *il codice telegrafico ottico di Chappe.*
In basso, a sinistra: *sezione grafica di una stazione telegrafica.*
Sotto: *ricostruzione di una stazione telegrafica ottica.*



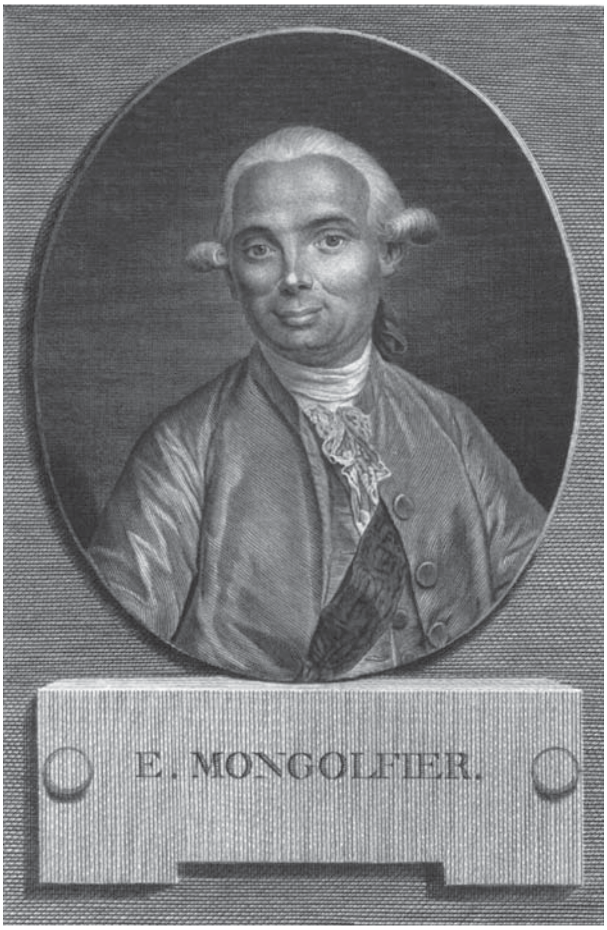
Una trasmissione ottica, essendo visibile da chiunque, non possiede alcuna segretezza conoscendo appena la corrispondenza fra le posizioni delle aste e le lettere dell'alfabeto. Essendo impiegato per lo più per trasmissioni militari in breve lo si rese comprensibile solo agli operatori. Infatti: "*Per ciò che riguarda la segretezza, il telegramma Chappe non veniva trasmesso normalmente lettera per lettera, ma in linguaggio: 'condensato' e cifrato. Chappe si ispirò ai principi della cifratura e della stenografia, che allora veniva chiamata tachigrafia. Su circa trecento posizioni relative che potevano prendere le braccia e le lanterne della sua ingegnosa macchina, Claude Chappe ne selezionò 92, le più chiare, che servono a dare per mezzo di uno, due, tre, quattro segnali, le referenze - linea e pagine - di un repertorio di 9.999 parole usuali o frasi, generalmente d'ordine militare. Visto che a partire dal 1795 si verificarono dei ritardi nelle trasmissioni, Chappe modificò, semplificò e perfezionò il suo sistema. I segnali fecero riferimento a due repertori, uno delle parole usuali, l'altro delle frasi o locuzioni militari. A questi se ne aggiunsero, in seguito, un terzo, quello dei nomi geografici, poi un quarto, quello dei nomi propri, che restarono immutati fine alla fine del servizio telegrafico.*"[27]

È interessante ricordare che l'invio di un segnale richiedeva mediamente 6 secondi, e che il rilancio lungo le 120 stazioni della linea Parigi-Tolone richiedeva circa 12 minuti, rapidità di diffusione fino ad allora impensabile. Napoleone ne comprese pienamente i vantaggi militari e fece costruire nuove linee finalizzate alla difesa della Francia, sollecitando pure la realizzazione di impianti campali da utilizzare durante l'invasione della Russia. In Francia funzionò su di una rete di oltre 5.000 km con 534 stazioni, fino al 1856, ben oltre l'avvento della telegrafia elettrica.

Osservare

Ricognizione aerea

L'utilizzo di un mezzo aereo per osservare nel più ampio campo visivo da esso garantito le mosse del nemico, e più in generale le connotazioni morfologiche del territorio, stando alle cronache disponibili sembra risalire al II sec. a.C. in Cina.[28] Lì, infatti,



Ritratto di Etienne Montgolfier.

vennero usati dei grossi cervi volanti per sollevare degli osservatori che fornissero le informazioni ottenute dall'alto, avviando così il settore della ricognizione aerea. In Occidente per trovare qualcosa di analogo bisogna attendere il finire del XVIII secolo e l'invenzione del pallone aerostatico ad aria calda. Si sa, tuttavia, di una precedente esperienza di sollevamento di un più piccolo pallone, sempre ad aria calda, ma senza equipaggio, effettuata a Lisbona nell'agosto del 1709. Che l'aria calda si sollevasse era del resto un fenomeno ben noto da tempo immemorabile, ma fu soltanto il 19 ottobre del 1783 che a Parigi un pallone ad aria calda, opera di Joseph Michel, 1740-1810, e Jacques Etienne Montgolfier, 1745-1799, dopo una prima dimostrazione pubblica effettuata ad Annonay il 4 giugno precedente, si innalzò, sia pure restando vincolato al suolo da una fune. Un mese dopo, il 19 novembre, ascenderà di nuovo e senza più alcuna fune. L'ingombrante congegno subì negli anni seguenti ben pochi perfezionamenti e nel 1794 prese parte alla battaglia di Fleurus, utilizzato dalle truppe repubblicane francesi per osservare le mosse di quelle nemiche. Una set-

27 Da F. FRASCA, *Il telegrafo ottico dalla Rivoluzione Francese alla guerra di Crimea*, in *Informazioni della Difesa*, periodico dello Stato Maggiore della Difesa, n° 1, Roma 2000, p. 46
28 Cfr. F. RUSSO, *L'avventura degli uomini volanti*, in riv. MEDIOEVO, n°168, gennaio 2010, pp. 100 e segg.

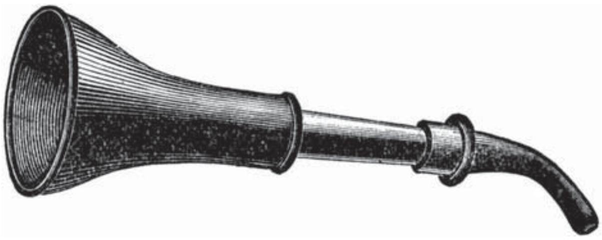
tantina di anni dopo un analogo impiego della mongolfiera si avrà pure nella guerra di secessione, dove si ebbe pure il suo primo impiego per il trasporto aereo di soldati. Anche durante la prima guerra mondiale vennero usati dei palloni aerostatici, equipaggiati con telefono, come altissime postazioni di vedetta.

In alto, a sinistra: *la prima ascensione pubblica di una mongolfiera senza equipaggio.*
Sopra: *la mongolfiera per l'ascensione umana.*
Sotto: *raffigurazione settecentesca di un cornetto acustico.*
In basso: *un cornetto acustico del XVIII secolo.*

Udire

Cornetto Acustico

Paolo Aproino, 1586-1638, fu un celebre medico che dopo aver studiato con Galilei, abbracciato lo stato ecclesiastico si dedicò tra l'altro alla realizzazione di uno strumento che a suo dire doveva "avvicinare il suono". Pertanto una sorta di cannocchiale acustico, in stretta attinenza col telescopio del maestro, piuttosto che un amplificatore, quale in effetti fu. In pratica si trattava di un cornetto acustico che descrisse con una lunga lettera a Galileo, elencandone i vantaggi non soltanto di natura fisiologica, ma anche militari, prestandosi lo strumento ad avvertire in anticipo suoni emessi anche da eventuali nemici in avvicinamento. Per molti versi, quindi, un antesignano



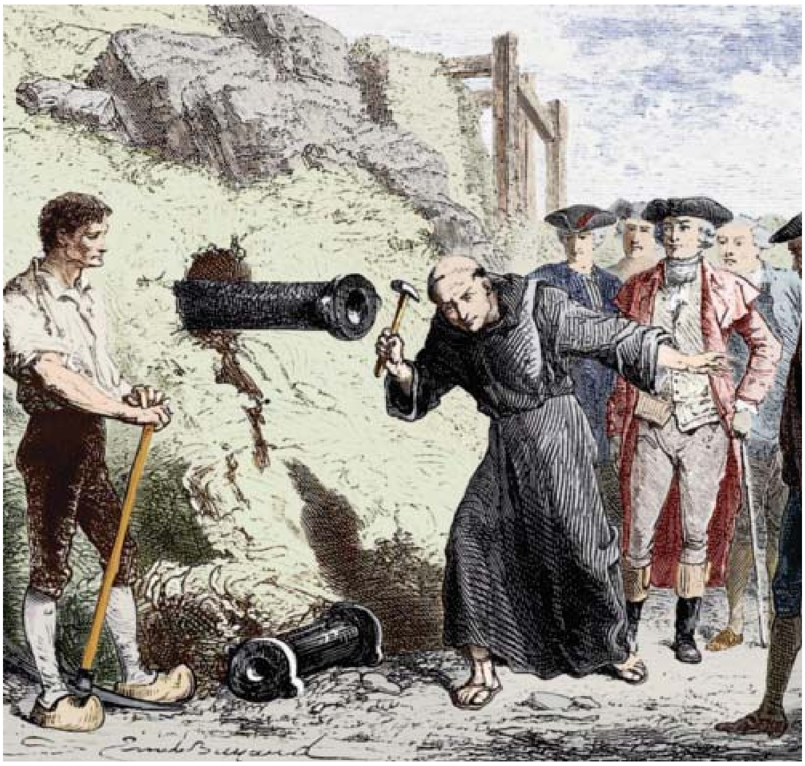
Aerofoni britannici degli anni '30-40 del secolo scorso.

aerofono impiegato nella seconda guerra mondiale da tutte le potenze per individuare bombardieri e darne l'allarme in tempo utile. Scriveva dunque il canonico Aproino:

> *Hebbe donque origine la speculazione da questo, che rivedendo un giorno certe conchiglie, ch'io havevo portato meco del viaggio di mare ch'io feci l'altr'anno, insieme con l'Historia intorno a ciò di Guglielmo Rondeletio, et venendomi innanzi quella che egli chiama aurita, mi fece saltar capriccio di forar nel fondo una turbinata assai grande ch'io havevo, et metterla nell'orecchia per tentar qualche esperimento: il che in fatti successe, che mi parve di sentir molto aggrandirsi la voce, seben hora, che ho l'orecchia avezza a cose maggiori, par a me che facci molto poco, per non dir nienti; ma per esser accompagnato quel poco di aggrandire con un bucinamento grande, mi apparve conspicuo, sì che ne feci qualche conto. All`hora io, invaghito della novità della cosa, proposi a diversi amici ch`io haveva inteso che uno volea augmentare il suono, per sentir come essi si moveano, et insieme per iscoprire se sapeano che altri havesse osservato questo particolare: et seben da alcuni il problema fu riputato degno di speculazione, fu però dagli altri quasi tutti deriso et istimato per impossibile. Onde io mi mossi a meglio considerare la natura del suono et delle sue differenze: et in ciò hebbi per fondamento principale alcune cose ch`io mi ricordo haver imparato da V. S.; nel resto Boetio mi fu scorta per sapere quanto fin hora ne sia stato detto, svegliandomi in tanto in alcune cose quel galantuomo del Maurolico, et in certe altre Vitruvio, in quel capo dove parla del risonar delle scene, seben, per dir il vero, quello che fin hora se ne è detto è molto poco, et questo poco in gran parte mal inteso, et parte falso et lontano dagli esperimenti. Ma chi sa che questa nobil parte di filosofia, tanto interessata con noi, abbandonata da tutti et negletta, non sia un dì per essere suscitata et accresciuta!*
>
> *Hora donque, montando sopra varii indicii di verità, tentai molte esperienze, et fabricai anco diversi stromenti, girati in spira in varii modi, di diverse materie, conforme, come dico, all`ombre di verità che mi parea di vedere, et alcune volte secondo il capriccio: et quando, già otto mesi, il Sig.r Danielle passò di qui, io haveva dato in un cono, fatto di banda, alto un palmo in circa, che si allargava forse in 15 gradi, et tronco verso la cima, in modo però che entrava commodamente nell'orecchia; la cui superficie conica, dopo esser saldata insieme, di dentro via faceva tre altre girate in spira egualmente dal foro di sopra fin alla base, senza toccarsi l'una l'altra. Questo fu l'instrumento che vidde et esperimentò il Sig.r Danielle, di cui egli ne fece molte maraveglie et tanto conto, che ne volle dar il sentore a V. S., come de` ricordarsi: et fece giudicio, come prima havevo fatto io et un amico, che il suono si riducesse ad un terzo della distanza et meno, salve le altre sue differenze. Si fece poi una lunga et continua vacanza, senza più potervi pensare, et a pena già alquante settimane, ai conforti di V. S., ripigliai la speculazione.*
>
> *Prima donque fabricai un cono alto il doppio del sudetto, con sei girate spirali, et più aperto forse otto o dieci gradi, per poter far gli esperimenti in più grande et far riuscir più sensibili le differenze. Et fattone un altro eguale a questo, in luoco delle spire, che erano alquanto difficili da lavorare, vi ho messo dentro sei altri coni successivamente più piccioli, in modo che stavano l'un l'altro separati; il qual modo parve che mi riuscisse più tosto migliore del primo, che altrimenti. Ne feci poi anco un semplice della stessa misura, che senza altra difficultà parea a me che giovasse molto meno degli altri. Ma desideroso di conoscer più minutamente queste differenze, applicatovi un poco l'animo, ho trovato poi modo assai esquisito di misurare queste minutie: il quale mi ha dato a vedere quanto sia lontano il giudicio che si fa superficialmente delle cose, benchè si facci con considerazione, da quello che profondamente si interna nell'intimo dell'esser loro. In somma io sono uscito primieramente di un error grande, nel quale era caduto insieme con gli altri: et questo è che il cono che ci pareva che riducesse il suono ad un terzo solamente della distanza, non ariva nè anco a due terzi; et l'altro maggiore, che parea facesse vicinissimo, medesimamente si è conosciuto che in vero non fa più della metà et il soprapiù è una falsa alchimia di bucinamento, inde-*

gna et inutile del tutto che doveva ben io haverne indicio da quello ch'io mi ricordo haver anco scritto a V. S., che, nel sentire a leggere, l'articolazione non rispondeva alla vicinanza che parea fosse nel suono. Di più, in questa istessa alchimia del bucinare medesimamente compare un altro importantissimo inganno di non minor conseguenza: che seben quei molti coni, messi l'un dentro l'altro, a prima faccia par che faccino più del semplice, eguale al maggior di loro, la verità nondimeno sta altrimenti, perchè fa tanto per apunto li molti insieme quanto il semplice; con questa differenza, che quelli intorbidano più, in bucinando, che non fa il semplice, onde ha havuto origine l'errore...

di Treviso, li 27 di Luglio 1613[29]



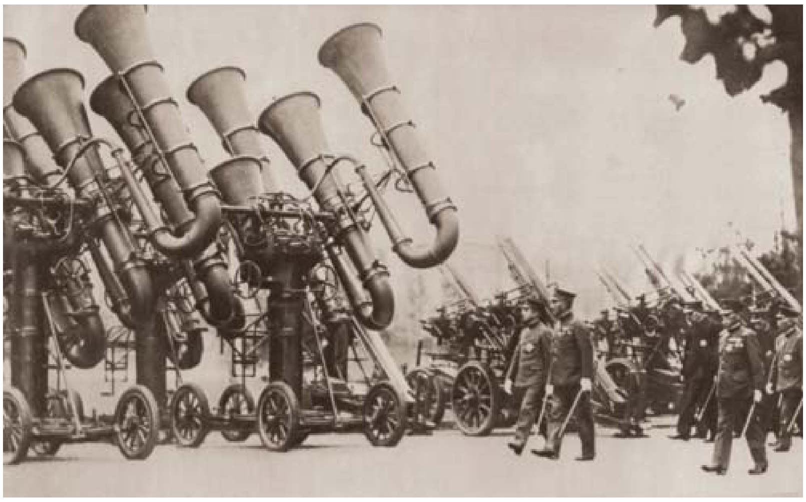
Del cornetto acustico resta nel nostro linguaggio quotidiano il termine, peraltro tecnicamente inesatto, di 'cornetta' usato per definire il microtelefono.

Il telegrafo acustico dell'abate

Il 1° giugno del 1782 un monaco cistercense di 25 anni, dom Gauthey, su presentazione di Marie-Jean-Antoine-Nicolas de Caritat, marchese di Condorcet, 1743-1794, e celebre matematico, entrò a far parte della Accademia delle Scienze di Parigi, in virtù di una sua singolare invenzione. Un lungo tubo, del tipo di quelli usati per la canalizzazione dell'acqua, di una decina di centimetri di diametro, stando alla sua idea avrebbe potuto trasmettere a lunga distanza dei suoni, in particolare delle percussioni, consentendo in tal modo di costruire delle reti per lo scambio di informazioni vitali, soprattutto in ambito militare. Il dispositivo, dopo una prima verifica da parte dei membri della stessa Accademia, fu fatto conoscere al re, lo sfortunato Luigi XVI, che fidandosi del positivo parere degli studiosi consentì l'attuazione di una verifica pratica. Allo scopo fu usata una tubatura di circa 800 m, stesa in una adeguata trincea subito ricoperta di terreno: un colpo di martello impartito a una estremità fu nitidamente percepito da quella opposta, convincendo i presenti della validità dell'invenzione. L'abate chiese allora che gli venisse finanziato un nuovo esperimento su una tratta di 83 km, ma per l'alto costo che comportava questa volta non trovò l'approvazione del re. L'abate avviò una sottoscrizione, senza però riuscire a raccogliere i fondi necessari. Si recò allora in America, dove l'anno seguente pubblicò a Filadelfia un sag-

29 Lettera inviata da Paolo Apronio a Galileo.

Sotto: *aerofoni mobili giapponesi degli anni '30-40 del secolo scorso.*
In alto, a destra: *il telegrafo acustico dell'abate dom Gauthey.*



gio dal titolo “Esperimento sulla propagazione del suono e della voce in tubature estese a grande distanza”.

L’idea del tubo acustico, nonostante la mancata realizzazione di adeguate reti, non svanì negli anni successivi, e trattandosi di un sistema per la trasmissione della voce simile a un odierno citofono come tale venne utilizzato. Al tubo, infatti, furono aggiunte due trombe alle sue opposte estremità, per cui era possibile, parlando alternativamente, sentirsi nitidamente a non grandi distanze, con l’ulteriore adozione di un fischietto per la chiamata. In molte residenze nobiliari fu perciò istallato, come pure a bordo delle navi o nelle autovetture per comunicare con la servitù o con l’autista. Se ne possono osservare ancora alcuni esemplari nelle fortificazioni della Linea Maginot.

Mangiare

Cibi in scatola

Nell’antichità, con la definizione di recipiente ermetico si qualificò quel vaso talmente ben chiuso che neppure Ermes, per i Romani Mercurio, il dio dei ladri, sarebbe riuscito violarlo. In seguito l’aggettivo passò a definire un contenitore completamente isolato dall’esterno, nel quale persino l’aria non potesse entrarvi o uscirne. E un contenitore del genere fu quello adottato da Nicholas Appert, 1749-1841, per la conservazione di lunga durata dei cibi. Appert, già venditore di dolci, si occupò a lungo sul come preservare gli alimenti ben oltre la loro naturale deperibilità ed alla fine, dopo una serie di esperimenti, presentò nel 1810 al governo francese una sua invenzione al riguardo. Si trattava di bottiglie e vasi di vetro dalla chiusura ermetica, all’interno dei quali pose diversi

A fianco: *tubo acustico navale della prima metà del secolo scorso.*
In alto: *ritratto di Nicholas Appert.*
Sotto: *una delle bottiglie utilizzate da Appert per la conservazione dei cibi.*

-Il brodo in bottiglia era buono; il brodo contenente del bollito, contenuto in un vaso particolare, era altrettanto buono, ma leggero; lo stesso bollito era molto appetitoso;
-Le fave e i pisellini, preparati le une e gli altri al grasso e al magro, avevano tutta la freschezza e il gradevole sapore dei legumi appena colti;
Firmato…
Per copia conforme,
Il Segretario del Consiglio,
J. MIRIEL[30]

Sopra: *attuale preparazione tradizionale delle 'bottiglie di pomodori'.* Sotto: *una delle prime scatolette metalliche per la conservazione dei cibi di Pierre Durand.*

alimenti, come carne, uova, latte e persino pietanze già cucinate. Il processo contemplava la sigillatura del contenitore e poi il suo riscaldamento nell'acqua bollente, procedura ancora usata in varie regioni del sud Italia per la preparazione delle 'bottiglie di pomodori'. Appert ebbe dal governo un premio di 12000 franchi e raccolse le sue conclusioni in un libro che pubblicò nel 1810 a Parigi col titolo 'Le livre de tous les menage ou l'art de conserver pendant plusieurs années toutes les substances animales et végétales'. Estremamente favorevoli i pareri tecnici dopo una serie di verifiche, che Appert, ovviamente, inserì nella premessa del suo libro, come questo del prefetto marittimo di Brest, che così recitava:

Copia di una lettera inviata al generale Caffarelli, prefetto marittimo a Brest, dal Consiglio della Salute alla data del mese di Brumaio [24 ottobre- 24 novembre] anno 12° [1804]
"I commestibili preparati secondo il procedimento del cittadino Appert ed inviati in questo porto dal ministro della Marina, hanno presentato, dopo una permanenza di tre mesi sulla rada lo stato che segue:

Il vero decollo dell'invenzione, però, si ebbe dopo la lusinghiera e più ampia sperimentazione compiutasi nelle campagne napoleoniche che confermarono pienamente i vantaggi dell'invenzione. Ma fu solo nell'agosto dello stesso 1810 che un inglese, tal Pierre Durand, 1766-1822, brevettò un suo sistema per conservare in recipienti di vetro, di ceramica e di metallo, per lo più di stagno, cibi di varia natura, A partire dal 1813 la sua fabbrica produsse cibo in scatola per l'esercito britannico.

Vitamina C

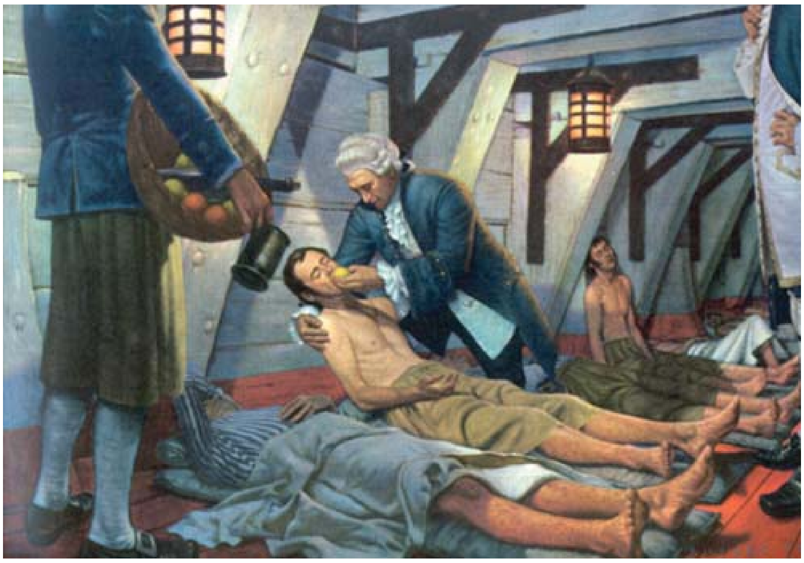
Come si manifestasse lo scorbuto forse l'osservarono già gli Egiziano intorno alla metà del secondo millennio a.C.. Oltre dieci secoli dopo, 460-377 a.C., Ippocrate ne menzionò i sintomi senza tuttavia tracciarne un quadro clinico, né ravvisarne le cause. Non compiendosi ancora lunghe traversate ininterrotte per mare, e soprattutto navigandosi nella buona stagione all'interno del Mediterraneo, quindi con una dieta per gli equipaggi ricca di agrumi e verdura, la sindrome si riscontrava saltuariamente non destando perciò particolare apprensione. Divenne, invece, un tragico problema dopo la scoperta dell'America quando i vascelli oceanici navigavano per mesi senza alcuno scalo: nella circumnavigazione di Magellano del 1520 circa l'80% del suo equipaggio fu colpito dalla presunta malattia e perse la vita! Si tentarono da allora vari espedienti per porre un rimedio al dilagare dello scorbuto, primo fra tutto la somministrazione di te al cedro, e costatatone i benefici effetti si attribuì purtroppo al primo invece che al secondo l'auspicato ri-

30 Da N. APPERT, *Le livre de tous les menage ou l'art de conserver pendant plusieurs années toutes les substances animales et végétales,* Parigi 1810, pp. XXV-XXVI.

medio salvifico. Bisogna pertanto attendere il 1747 per avere un primo studio clinico sulla sindrome realizzato da un medico scozzese in servizio nella Royal Navy, tal James Lind, 1716-1794. In navigazione sulla HMS Salisbury osservò e registrò il quadro sintomatico dello scorbuto, quali la perdita di sangue dalle gengive e degli stessi denti, e tentò alcune terapie. Questa la sua rievocazione:

Il 20 Maggio 1747, selezionai 12 malati di scorbuto, a bordo della Salisbury durante la navigazione. Feci in modo che i loro casi fossero i più simili possibile. In genere essi hanno tutti gengive putride, le macchie e stanchezza, con debolezza alle loro ginocchia. Essi giacciono insieme in un posto, divenendo un luogo adatto per i malati della stiva di prua; e hanno una dieta comune, vale a dire pappa fatta con acqua addolcita con zucchero la mattina; frequentemente fresco brodo di montone per cena; altre volte brodini leggeri, biscotto bollito con zucchero, e per la cena l'orzo e l'uvetta, riso e ribes, sago e il vino, o simili. A due pazienti fu ordinato di bere un quarto di sidro al giorno. Ad altri due vennero date venticinque gocce di elisir di vetriolo tre volte al giorno a stomaco vuoto, utilizzando un gargarismo fortemente acidulato con esso per le loro bocche. Ad altri due furono dati due cucchiai di aceto tre volte a giorno, sempre a stomaco vuoto; avendo le loro farinate e i loro altri cibi acidificati dall'aceto, come anche il gargarismo per la bocca; due dei peggiori pazienti, con i tendini delle gambe piuttosto rigidi, un sintomo che nessuno degli altri aveva, furono messi sotto un getto di acqua di mare. Di questa essi bevvero mezza pinta ogni giorno, a volte più a volte meno, in base agli effetti che aveva. Altri due ebbero due arance e un limone ogni giorno. Essi lo mangiavano con golosità, a volte a stomaco vuoto. Essi continuarono a mangiarne ma solo per sei giorni, avendo consumato la quantità che poteva essere conservata. Ai due rimanenti pazienti diedi una grandezza di noce moscata tre volte al giorno di un elettuario raccomandato da un medico ospedaliero, preparato con aglio, semi di mostarda, balsamo di rafano del Perù, e gomma di mitra; come bevanda, acqua d'orzo bollita con tamarindi; per cui, con l'aggiunta di crema di tartaro, sono stati purificati delicatamente tre o quattro volte durante l'esperimento… La conseguenza fu che i più lampanti e ben visibili effetti curativi furono ottenuti dall'uso di arance e limoni; uno dei due che li ha assunti nel giro di sei giorni è diventato un uomo pronto per il suo dovere. A quel tempo le macchie non erano effettivamente molte sul suo corpo, né lo stridio delle gengive era molto; ma senz'altra medicina che un gargarismo per la sua bocca divenne di buona salute prima che arrivassimo a Plymouth, ovvero il 16 Giugno. L'altro ebbe il miglior recupero rispetto agli altri nella sua condizione; e

In alto, a sinistra: *ritratto di James Lind.*
Sotto: *James Lind che somministra il succo di agrumi vari ai malati di scorbuto a bordo della HMS Salisbury.*



stando già abbastanza bene, è stato nominato infermiere per il resto dei malati. Dopo le arance, osservai che il sidro otteneva i migliori effetti. In verità non è stato completamente efficace. In ogni caso, chi lo ha assunto, era in via di guarigione meglio degli altri che assumevano altri cibi entro quindici giorni, che era il tempo che durarono queste cure differenti, salvo le arance. La putrefazione delle loro gengive, ma specialmente la loro stanchezza e debolezza, erano in qualche modo diminuite, e il loro appetito aumentò.[31]

Le guarigioni confermarono la netta interdipendenza tra l'assenza dell'apporto degli agrumi e lo scorbuto. Lind pubblicò in seguito quella sua basilare deduzione in un trattato dal titolo Treatise on the Scurvy (Trattato sullo Scorbuto) ma nonostante i positivi risultati sarebbero occorsi oltre 40 anni perché la marina si adeguasse ai suoi suggerimenti e soltanto nel 1932 si riuscì ad ottenere per via sintetica il principio attivo contenuto nel succo degli agrumi più noto come vitamina C.

Bere

Distillatore dell'acqua

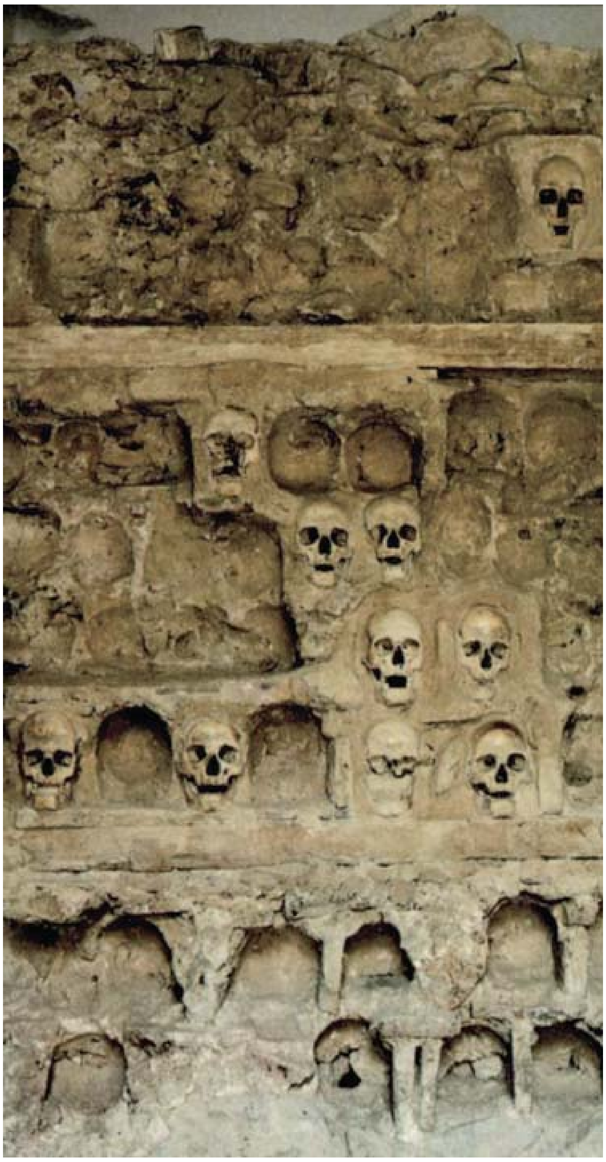
Nel 1560 il corsaro Dragut inflisse agli spagnoli la perdita di una trentina di navi e di oltre 5.000 uomini, che finirono massacrati. Con i loro teschi, i Turchi innalzarono sull'isola di Gerbe una macabra piramide detta la torre delle teste, *Borj al-Ruʾūs*, in piedi fin quasi alla metà del XIX secolo. Altri 2.000 uomini si chiusero nella fortezza di Gerba comandata da don Alvaro de Sande, 1489-1573, circondati da quasi 15.000 Turchi. Nella torrida estate africana, esauritasi l'acqua delle cisterne, don Alvaro avvalendosi del suggerimento di un suo soldato siciliano, costruì una serie di alambicchi e iniziò a distillare l'acqua di mare. Bruciata tutta la legna disponibile fu costretto ad arrendersi, lanciando per la prima volta, nonostante l'esito tragico, la tecnica per rendere potabile l'acqua di mare. Questa la cronaca della vicenda tratta dalla memoria di Alfonso Ulloa:

CAP. XXI

Niuna cosa teneva don Alvaro in maggior travaglio, che considerar nella necessità in che si ritrovava, per il mancamento dell'acqua, perche nelle cisterne ne trovò assai meno di quello che lui pensava, e per questo andava immaginandosi, come avrebbe potuto quella conservare. Fu avvertito che vi era nel Forte un Siciliano dimandato Sebastiano da Pollere, che si obligava far dell'acqua di mare sì dolce, come quella de' pozzi, che presero gl'inimici. Don Alvaro lo fece chiamare, e gli disse, che voleva veder la esperientia, offrendoli se lui gli dava, sì come diceva, acqua à bastanza per le genti, ch'erano nel Forte, che egli li avrebbe dato la metà de' suoi beni, e lo asiicurava, che il Re li aurebbe dato gran ricompensa. Fatta la prova l'acqua si bevea benissimo, anzi avea più presto soperchio dolce, che salata; la qual si facea dolce lambiccandola.
Don Alvaro comandò al capitan Francesco di Cogliazos, che allora avea carico insieme con un'altro capitano della guardia del cavalliero della Zerda, che auesse penfiero di far dare tutto il ricapito necessario al detto Sebastiano, che lui avesse dimandato, e similmente dapoi, che l'acqua si avesse cauata. Fra la natione Alemana si trovarono maestri da fare lambicchi. Il detto capitano fece pigliare tutte le caldare, e pignatte di rame, che trovarono nel Forte, che furono tante, che bastarono a farne deciotto lambicchi, non davano tanta acqua, come Sebastiano si avea offerto; perche il giorno, che più se ne cavò

31 Da J. LIND, *A treatise of the scurvy. In three parts. Containing an inquiry into the nature, causes and cure, of that disease. Together with a critical and chronological view of what has been published on the subject,* Edimburgo 1753.

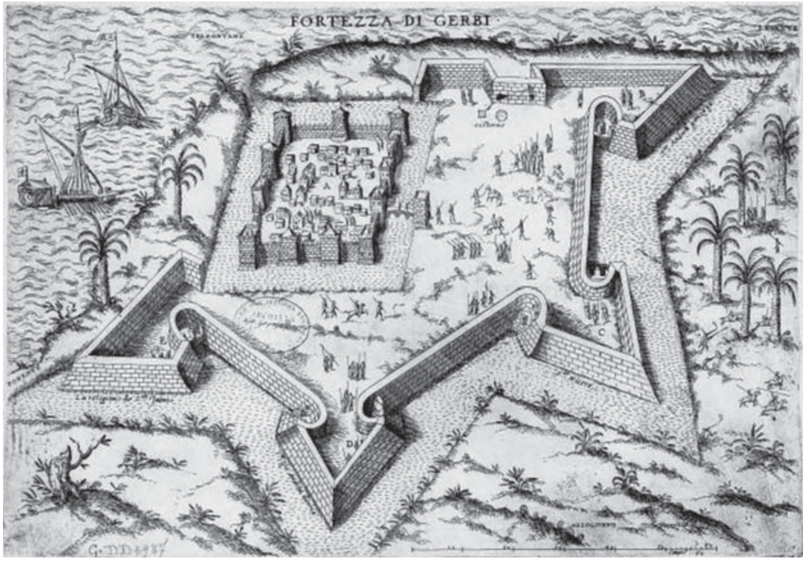
Isola di Gerbe, la torre dei crani in una stampa settecentesca, prima della sua demolizione.



Torre dei teschi di Nis in Serbia, simile a quella eretta sull'isola di Gerbe.

arrivarono a trentacinque barili, e l'ordinario erano ventiquattro, o venticinque; però certo fu grandissimo soccorso per intertener l'acqua delle cisterne; perché con questa, e cinquanta barili di acqua salata delli pozzi, che si cavarono nel Forte, e con altre cento delle cisterne si facea una meschia di acqua, che allora parea, che si potesse bevere per la necessità, che avevamo, che con effetto fu la maggiore, in che si trovassero mai genti in nessun secolo; perche di tutte le altre cose necessarie al vito umano, che mancasse all'huomo, niuna gli potrebbe parere sì difficultuosa, come mancandoli l'acqua, sì per esser elemento di tanta importanza, come perche non si troua uomo, per povero che fia, che dal dì del fuo nascimento, non ne abbia avuto tanta abondanza, come il maggior re dell'universo, e di tutte l'altre cose, in alcun tempo vi suole esser carestia, se non di questa, nientedimeno vidi nel Forte delle Gerbe, esser in tanta estimatione questo elemento, che si offerse un gentil'uomo lombardo, donar la facoltà sua che valea nove milia ducati, a chi si obligasse donargli acqua abastanza, per la persona sua, il tempo che durasse l'assedio, e non vi fu persona, che gli desse risposta, facendo ognuno più slima di un poco di acqua, che di tutti li danari del Mondo. Qui non si spendeva altra moneta che di acqua; perché non vi era mercante, né altra persona, che volendo alcun di loro comprar alcuna cosa, la donassero per nessun danaro, eccetto in cambio di un poco d'acqua. Là si donava a ogni soldato due quartucci d'acqua meschiata a tutte l'altre genti, che non erano atti à prenderarme, e àferuitori, e donne, se gli donava un quartuccio, e questa era misura che in una volta si bevea.

Consideri adunque ognuno, quello, che si dovea patire, avendo travagliato tutta la notte, e tutto il giorno, combattendo al Sole, nella stagione che regnano li canicolari, e ivi il pane che si mangiava era impastato con acqua di mare. Le vivande erano tutte cose, che incitavano il bere, come carne salata, tonina, formaggio di Sardegna, e legumi; i quali non si poteano cocinare, di sorte, che le genti pativano nel mangiare, e nel bere, perché per aver manco sete non si curavano di aver gran fame, onde in breve si debilitarono, di sorte, che ogni giorno ne morivano parecchi, ch'era cosa molto compassionevole perché caminando si vedeano cascare di lor flato, e si conosceva chiaramente, che morivano di sete; perché aiutandoli con un poco di acqua, prendevano spirito, & si alzavano, ma al fine vinti della sìccità, se ne morivano. Don Alvaro nel principio, che si cominciarono à ripartire le portioni dell'acqua, fece un parlamento a' capitani, pregandoli che ogniuno non volesse dar per lista più numero di soldati di quelli che aveano, perche à questo modo avrebbe fatto durar l'acqua, per tutto il mese di Settembre, e infino à quel tempo egli avrebbe difeso per forza quel forte, non solamente da nimici, che lo tenevano assediato, ma d'assai maggior numero di gente, perché si vedea il poco effetto, che faceano nel battere con loro artiglieria, e che gli inimici non poteano durar lì tanto tempo, per rispetto che il biscotto si avrebbe finito, e quello che gli poteva mandare il Re di Tunisi, era poco. Tutti gli risposero, che avrebbero fatto dìligentia, che non vi fusse fraude alcuna; e da lì a un poco di tempo vennero con alcune liste, che il numero di esse parvero a don Alvaro smisurate, e fu causa, che gli fece pigliar giuramento, e con tutto queslo



vi furono alcuni, che sempre usarono fraude, non avendo riguardo al ben comune, e da lì a poco si scoprì, che un capitano facea vendere l'acqua, che avanzava doppo aver ripartito le portioni a' suoi soldati, e fu da don Alvaro privato della compagnia, e posto in prigione, con animo di castigarlo nella persona.

Il Governatore avea cura di ripartire ogni mattina l'acqua, e era il maggior fastidio, che in quel loco fusse; perché come si cavava dalle cisterne, si metteva in mezze botti, e da lì si misurava a ogni sergente per tutta la compagnia, e con esservi guardia intorno passavano per quella persone con certe cordette, e vi attaccavano una spongia, e la buttavano in quelle mezze botti, e poi tiravano, e succhiavano la spongia; altri andavano à mettervi il capo, e alcuna volta gli davano bastonate, e ferite, e non bastavano levarli fino che non avesser bevuto, perché stimavano più cavarsi la sete, che morire. Vi reslarono cento trenta botte di vino nella monitione, del quale fe ne ripartì alcune volte per li soldati; ma la maggior parte si conservava per li feriti, et per l'artiglieria. Nelle ultime quattro navi, che vennero da Sicilia, ve ne era venuto quantità; però non si sbarcò à tempo.

CAP. XXVII

Li ventinove di Giugno fu avvertito Don Alvaro di Sonde, come si era confumata tutta la legna, che ui era per li forni delli lambicchi dell'acqua, & che comandaffe, che ne defero di quella, che v'era per li forni del pane, & fece uenire il Commijsario per informarfi, che quantità di legna vi era, che rispose, che disfacendo un riparo che era nel castello di legname, vi sarebbe stato legna per sei giorni; perche già era finita tutta la quantità, che era nel Forte, & il biscotto già andava alla fine, & che mai la legna era stata tanto necessaria, quanto da hora innanzi. Rispose Don Alvaro che in tutto avrebbe dato prouisione. Fece chiamare il contador Gio. di Stianone il quale auea cura della cisterna del castello, & l'altra era già finita e gli comandò, che facesse entrare un huomo fidato nella cisterna, à misurare con una picca, quanta acqua ui era, & che gli portasse la misura giusta, avvertendolo, che quando entrasse dentro non fosse visto da alcuno. Trovò, che vi era nel mezzo della cisterna quattro palmi di acqua, & nell'altre forse tre, che avrebbe potuto bastare due, o tre giorni; perche mancando quella, che si cavava dalli lambicchi, se ne haveva poco meno di un palmo il giorno…[32]

32 Da A. ULLOA, *La historia dell'impresa di Tripoli di Barbaria, fatta per ordine del sereniss. re catolico l'anno* M.D.L X. *con le cose auenute a christiani nell'isola delle Zerbie, nuovamente mandata in luce,* Milano 1580, cap. XXI-XXVII.

In alto, a sinistra: *veduta a volo d'uccello della cosiddetta 'fortezza spagnola' sull'isola di Gerbe in una stampa del XVII secolo.*
Sotto: *ruderi della parte interna della fortezza spagnola di Gerbe.*

Sopra: *un moderno impianto di desalinizzazione dell'acqua di mare.*
In basso, a sinistra: *lo scafandro del Tartaglia in una illustrazione del suo libro.*

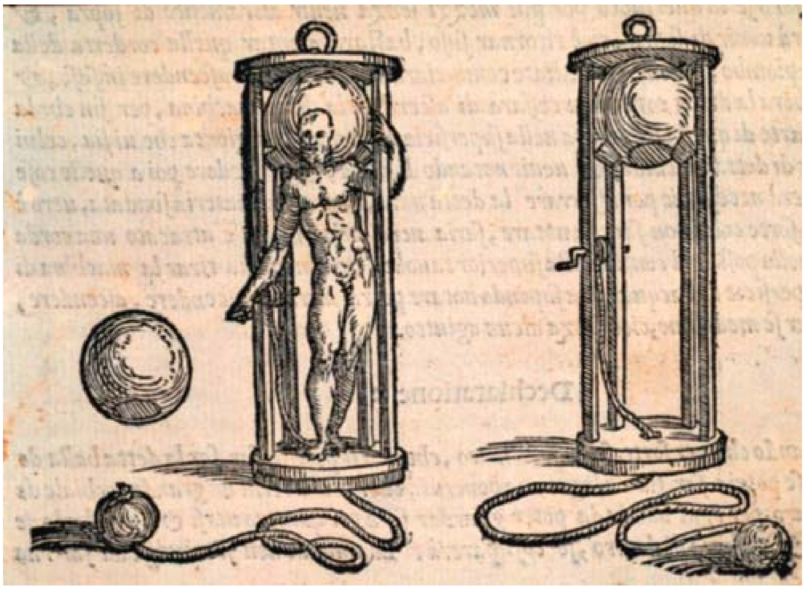
Alvaro de Sande notificò, allora, che essendo imminente l'esaurimento dell'acqua sia delle cisterne che degli alambicchi, non disponendo più di legna, avrebbe tentato una disperata sortita che infatti lanciò di lì a poco, finendo prigioniero il 29 luglio. Due giorni dopo il forte si arrendeva.

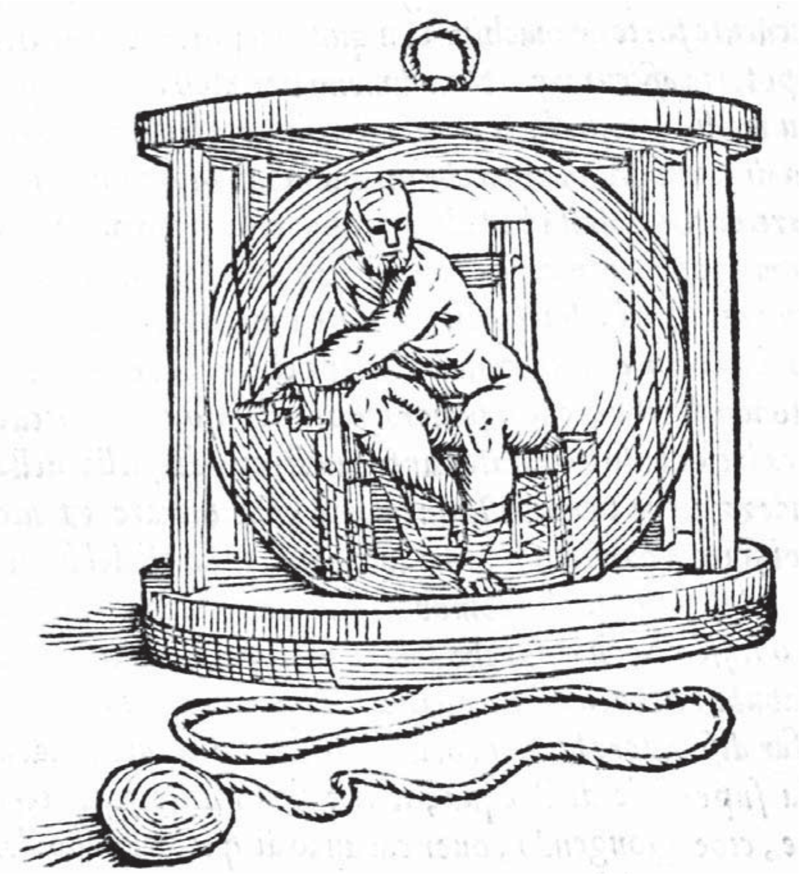
Respirare

Lo scafandro di Tartaglia

Alla forte suggestione esercitata da quelle prime ricerche subacquee e dai possibili tesori che così facilmente si immaginò di poter recuperare, non sfuggì neppure Niccolò Fontana detto Tartaglia, che si cimentò con l'invenzione di un antesignano scafandro, che così descrisse:

Havendo inteso Serenisismo Principe da più Naviganti ritrovarse alli presenti tempi molti, che senza alcuna artificiale particolarità, nelli occorrenti bisogni agilmente vanno, e stanno per gran spatio di tempo sotto acqua, et in luochi molto profondi, haveva deliberato de non parlar altramente, come che se potria con arte andare e stare per un tempo sotto acqua per cercare e ritrovare una nave, over naviglio, over qualche altra materia di valore affondata per due cause, prima dubitando da non esser da quelli tali schernito, per essere cosa superflua appresso de loro a voler cercare di far con arte quelle coswe che senza alcun artificio sapranno essequire; secondariamente dubitando per la mia poca sperientia nelle cose del mare de non incorrere in qualche strana opinione…[tuttavia espongo] *alcuni miei imaginati modi: quali se possibil è con arte andar, e star per gran spatio di tempo sotto acqua, per vedere e cercare alcuna cosa affondata sotto di quella, e in loco molto profondo… el più leggiadro e artificioso è far redurreche il diametro de quella sia almen dui buoni piedi di misura, con una bocca onda che il diametro de detta bocca sia almen un piede, e alquanto più, cioè tanto che uno possa comodamente, et facilmente ficcare dentro il capo e tirarlo anchora fora quando il piacerà.*
E dapo questo si debbe far fare due tondi de tabula de diametro alquanto maggiori di quello della detta balla e con questi due tondi, e quattro travettini di legno longhi quanto che è alto un huomo,e alquanto più si debbe fare un loghetto fra questi quattro travetti con uno dei due tondi





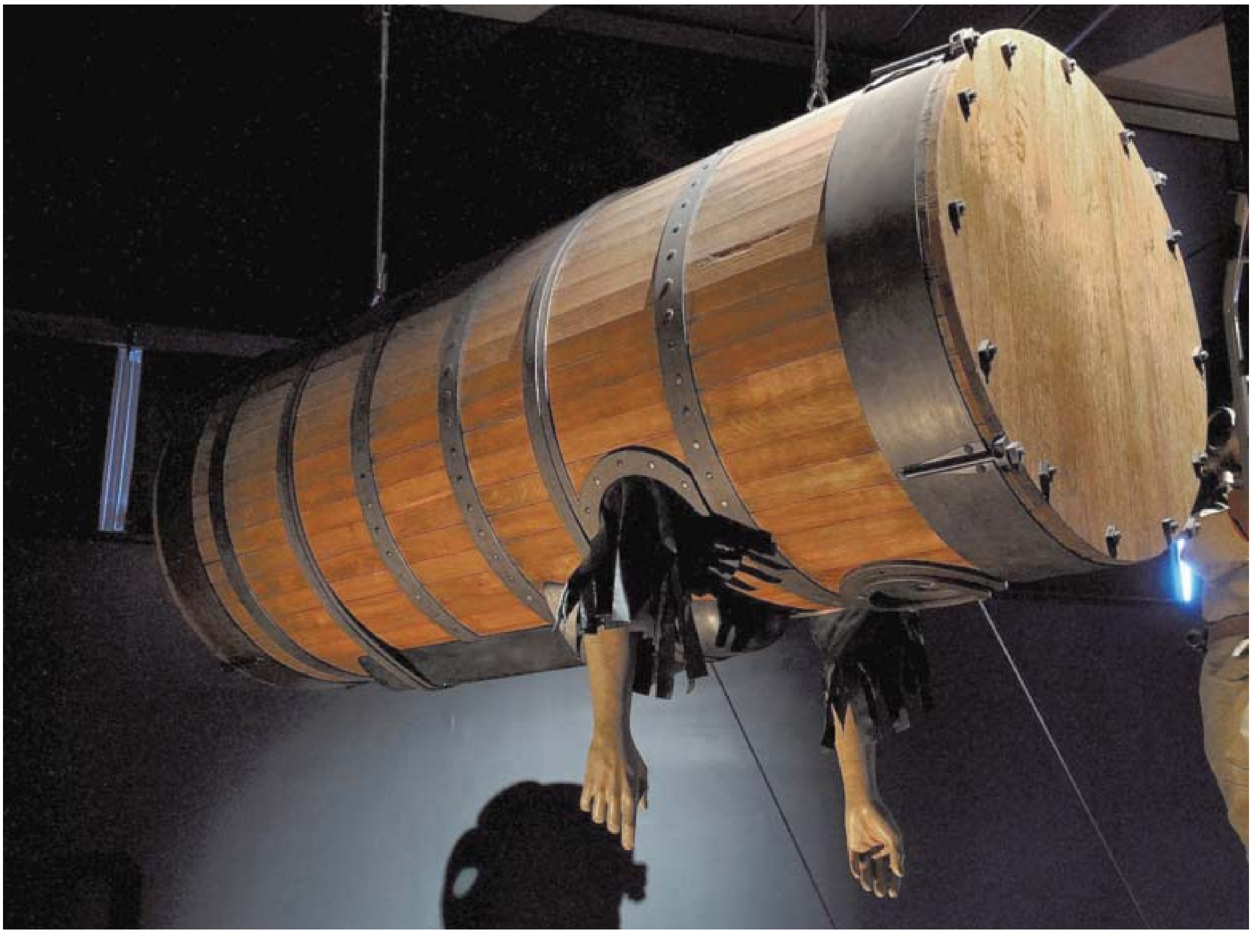
La campana individuale del Tartaglia.

di sopra e l'altro dal piede, e questi tai tondi debbono essere ottimamente commessi, e inchiodati con li detti quattro travetti, e nella sommità di questo loghetto vi si debbe, accomodare, e ben affermare la detta balla di vetro con la bocca in gioso talmente, che se un huomo vi se gli acconciare in piede venghi a stare senza disconzo con el capo dentro della detta balla, e dopo questo si debbe pigliare circa tanto piombo a peso quanto pesarà tutta questa macchina così costrutta, e far redure questo piombo in forma tonda, della grandezza di quelli due tondi di tavola, e da poi assettarlo, e assicurarlo ottimamente sotto al piede della detta machina, cioè sott a quel tondo di tavola, dove si debbe riposar con li piedi colui che vora andare sotto acqua, e da poi (over avanti) far un buffetto grande come è un marcello nel centro di questo piombo, e tavola di legno penetrante da banda a banda, e questo tal piombo sarà atto a tirare quasi tutta la detta machina insieme con colui, che dentro vi sarà sotto acqua, ma talmente che la suprema parte di tal machina, cioè lo supremo tondo di tavola la venghi a restar nella superficie de l'acqua, cioè se per sorte tal piombo fusse tanto grave, che la fecesse scendere di longo al fondo, voglio che sia sminuito tutto il detto piombo, e per il contrario quando, che per sorte il detto piombo non fusse sofficiente a tirarla così tutta sotto acqua, cioè talmente, che la detta suprema tavola tonda se venghi a fermare, e restare precisamente nella detta superficie de l'acqua, ma che restasse alquanto discoperta, cioè di sopra la detta superficie de l'acqua voglio che ve sia accresciuto il detto piombo, talmente che la detta tavoletta suprema venghi a restare precisamente, come di sopra è stato detto nelle superficie de l'acqua, e dapoi che si haveva ben iustado il detto piombo, voglio che sia tolta una balletta pur di piombo di due over tre libre, (cioè di tal peso, che sia sofficiente a far discendere a fondo la detta machina con colui che dentro visarà ogni volta che la ve si interposto, over agionta) con un anellino inferto in detta balla, e attaccarvi una corda forcina di tanta longhezza quanto sarà alto il fondo di quella acqua, dove se desidererà di andar colui, et quanto più, e passar l'altro capo della detta corda per quel buso che fu fatto nella tavola, e piombo nel piede della machina, e ataccar il detto capo di corda in un luoco de detta machina, talmente che colui che dentro vi sarà la possa commodamente pigliare, e tirare e lentare secondo gli parerà e fatto questo sarà compita la detta machina, e per esser meglio inteso qua di sotto la pongo in figura, vero è che per vaij rispetti vi se gli doveva nel principio assettarvi un anello nel centro della tavola superiore de foravia per potervi ataccar una corda accadendo.[33]

Lo scafandro da palombaro

Jean-Baptiste de La Chapelle, 1710-1792, abate, matematico e inventore è considerato l'ideatore del moderno scafandro, collocandosene l'esposizione nel 1775: in realtà, però, l'idea non era affatto nuova

33 Da N. TARTAGLIA, *Della sua Travagliata Inventione,* Venezia 1551, libro secondo, pp. 22-27

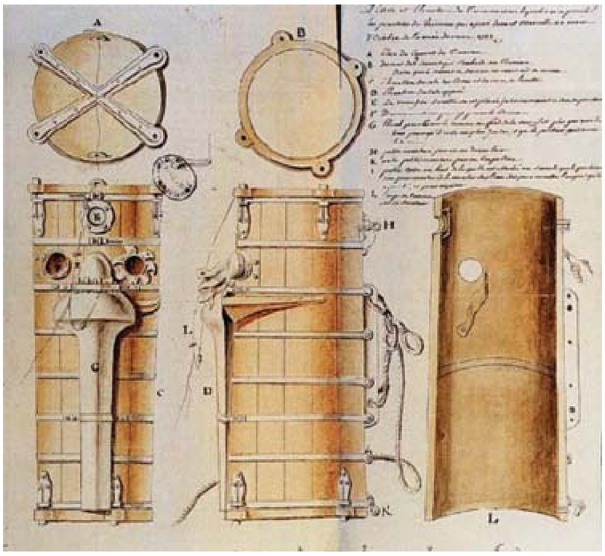


Sopra: *ricostruzione dello scafandro del Lethbridge.*
In basso, a destra: *i disegni di progetto dello stesso.*

avendo alle spalle una interminabile serie di piccoli perfezionamenti dal lebete in poi. Nel 1715, ad esempio, ne era comparso un ennesimo a forma di botte, con due fori per il passaggio delle braccia e un oblò per vedere all'esterno, dovuto a tal John Lethbridge, 1675-1759. Si trattava in sostanza di una botte cilindrica, lunga 180 cm con un diametro di 50 cm, rinforzata da cerchi di ferro, interni ed esterni, con i suddetti fori con adeguate guarnizioni per evitare l'entrata dell'aqua, ed un oblò in corrispondenza del volto. Una fune fissata a due ganci alle opposte estremità ne consentiva la sospensione in acqua e gli spostamenti: il collaudo avvenne nella piscina che il Lethbridge si era fatto appositamente costruire nella sua proprietà, con esito positivo anche per la modestia della profondità.

In mare, l'inventore si cimentò in quel suo singolare scafandro nel recupero di preziosi su navi affondate, di cui il più celebre per il rilevante importo fu quello effettuato su una nave olandese, affondata nei pressi di Madeira, con un carico di tre tonnellate d'argento a bordo. L'ingegnoso antesignano e fortunato palombaro divenne così, in breve tempo, molto ricco e visse di rendita fino alla morte.

Nel 1772 si ebbe un significativo progresso verso la realizzazione di un vero ed efficace scafandro: il medico francese S. Freminet a Le Havre si immerse fino alla profondità di 15 metri indossando una sorta di scafandro di sua invenzione. Constava di una muta di cuoio, terminante in un casco di rame mu-



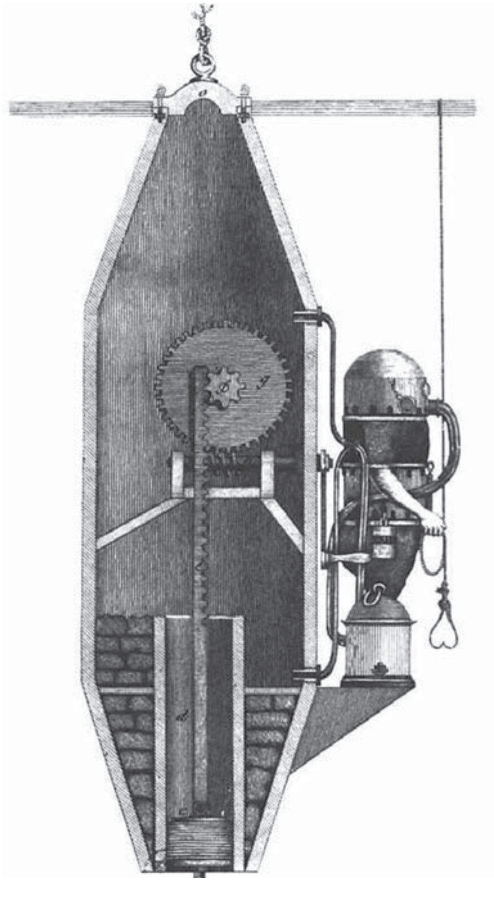
nito di finestre vetrate, con sulla schiena un contenitore a zainetto per l'aria compressa. Da questo due tubi di caucciù la conduceva al casco dando così vita ad una circolazione a circuito chiuso: l'aria fresca veniva ispirata attraverso un primo tubo dal serbatoio e attraverso un secondo quella esperitavi rientrava, dove veniva in qualche modo rigenerata da reagenti chimici. Freminet chiamò quella sua invenzione *Macchina Idrostatica*, ed in seguito sostituì allo zaino un contenitore staccato, con all'interno un mantice azionato a molla. Il dispositivo consentiva una permanenza sotto acqua di alcuni minuti.

Molte delle idee del Freminet vennero in seguito cooptate e ulteriormente sviluppate da Karl Heinrich Klingert, sul finire di quello stesso secolo.

Il suo palombaro indossava un elmo di rame, con vari cristalli per una visione agevole, al quale erano connessi due tubi di caucciù, facenti capo ad una sorta di enorme spola metallica, in grado di contenere 10 m^3 d'aria, fungente da riserva una volta in profondità. Ovviamente si deve immaginare un sistema chimico a base di calce sodata per la parziale rigenerazione dell'aria a circuito chiuso. All'estremità inferiore della spola stava la zavorra, che le dava perciò un assetto verticale, mentre al suo interno un cilindro con stantuffo a cremagliera, azionato dallo stesso subacqueo, consentiva di adeguare la pressione dell'aria a quella dell'acqua. Gambe e braccia restavano al di fuori della muta, soluzione positiva per la libertà di movimento, ma negativa per il raffreddamento del corpo. Il palombaro, tuttavia, iniziò a prendere in tal modo la connotazione attuale, tant'è che da questo momento modifiche e perfezionamenti si susseguono incessanti fino all'odierno scafandro.[34]

34 Per una conoscenza più approfondita del settore, cfr. F. VITALE, G. BETRÓ, P*alombari della Marina Militare Italiana 1849-2009*, Imola 2009, volume di grande accuratezza tecnica e scientifica.

In alto: *ricostruzioni museali dello scafandro di Karl Heinrich Klingert.*



In alto: *S. Freminet, Expériences faites en mer avec la machine hydrostatergatique, Bibliothèque Nationale de France, Paris, département Estampes et photographie, LI-72 (3)-FOL.*
A fianco: *stampa ottocentesca che raffigura il dispositivo per il rifornimento d'aria utilizzato da Klingert*

Verso i robot

Contributo a cura del Prof. Ing. Cesare Rossi

Università di Napoli – "Federico II"

Molto lontano nel tempo è l'istante nel quale l'idea (o il desiderio) di costruire macchine automatiche si è affacciata nella mente dell'uomo. A tal proposito basta ricordare che nella mitologia Greca (v. ad es. Iliade libro XVIII vv. 519-525) Efesto, il dio del fuoco, aveva costruito alcuni "automi" (forse oggi diremmo: androidi) ai quali faceva svolgere alcuni compiti.

Le prime realizzazioni di figure animate da un motore non animale, storicamente, possono essere fatte risalire alla Scuola Alessandrina (III ÷ I sec. a. C.); si comincerà, allora, da alcune realizzazioni di tale epoca.

Già precedentemente si sono mostrati alcuni esempi di automazione nel campo dell'industria tessile; in questa parte si desidera presentare una breve panoramica su macchine particolari, nelle quali possiamo riconoscere la presenza di automatismi e funzioni particolari: gli automi

Verranno presentati quindi alcuni esempi di automi costruiti nell'arco di duemila anni così che percorrendo, per sommi capi, lo sviluppo della tecnica e della meccanica applicate a queste macchine, si possa cogliere anche un poco dello sviluppo del pensiero degli uomini che le hanno ideate. Queste particolari macchine ci sembrano interessanti perché testimoniano nei secoli il desiderio dell'uomo di riprodurre esseri animati con mezzi meccanici.

In definitiva in questa parte verranno dunque presentati alcuni esempi di quelle macchine concepite prima che venissero realizzati i circuiti elettronici di controllo.

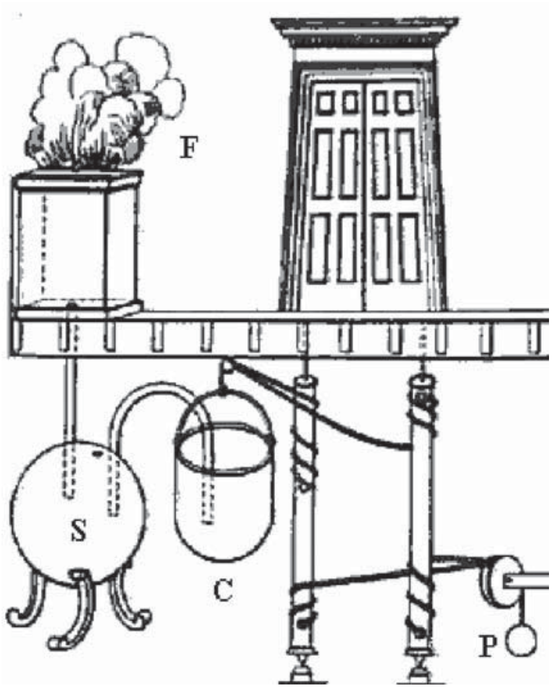
Alcuni esempi di automi di scuola alessandrina

Il più famoso realizzatore di automi della scuola alessandrina è senz'altro Erone di Alessandria. La sua data di nascita è molto incerta: è probabile che l'eclissi di luna da lui osservata sia quella verificatasi il 13 marzo del 62 d.C. Anche le sue origini sono incerte, forse fu greco o egiziano.

In alcuni suoi trattati (*La Pneumatica; Sugli Automi*), Erone ha descritto statue con sembianze umane (*automaton*) che si muovevano in un teatro, animali che bevevano, uccelli che cantavano, porte di templi che si aprivano e chiudevano; tutti mossi dall'azione dell'acqua o del vapore.

Il meccanismo per la apertura e chiusura delle porte di un tempio è illustrato in fig. CR1.

L'aria calda prodotta dal fuoco F metteva in pressione l'acqua nel serbatoio S che andava a riempire il recipiente mobile C; il peso di questo, agendo su due corde avvolte su due rulli, faceva ruotare i rulli stessi cui erano collegate le porte di un tempio che così si aprivano. Se il fuoco veniva spento la pressione nel serbatoio diminuiva ed in esso ritornava l'acqua dal recipiente mobile; quindi il peso P provocava la chiusura delle porte.

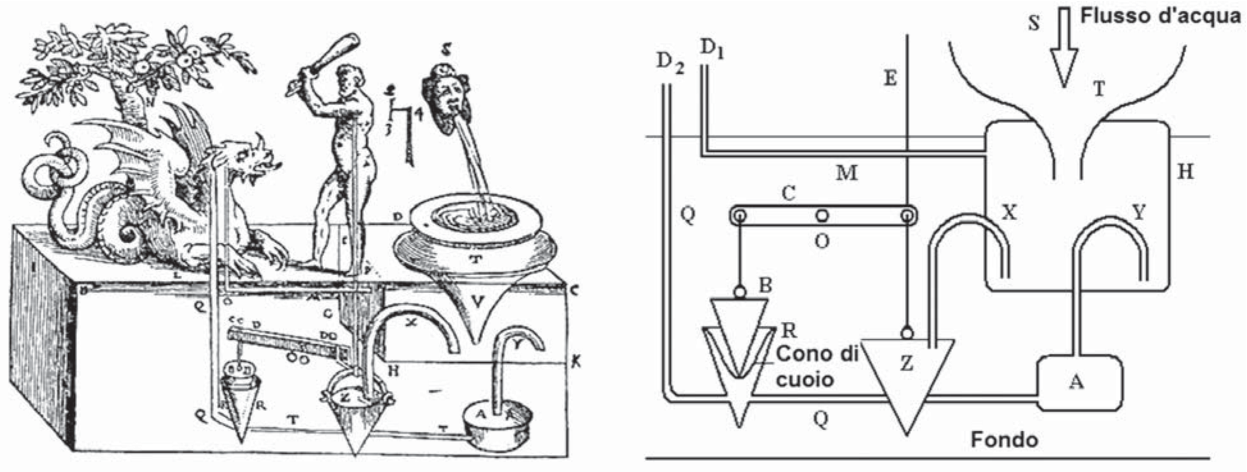


CR1: *azionamento delle porte di un tempio.*

Un famoso automa di Erone raffigurava Ercole che colpisce un drago con la clava, una ricostruzione del quale fatta da Giovanbattista Aleoti nel 1589 è riportata in figura CR2. Una serie di pesi e contrappesi costituiti da serbatoi riempiti dal getto d'acqua di una fontana muovevano le braccia di una statua raffigurante Ercole che così colpiva il drago sulla testa e quest'ultimo emetteva getto d'acqua dalla bocca che investiva Ercole.

Moltissimi sono gli automi attribuiti ad Erone, tra i quali ricordiamo ancora un teatro nel quale gli attori erano automi mossi meccanicamente dalla forza dell'acqua o del vapore.

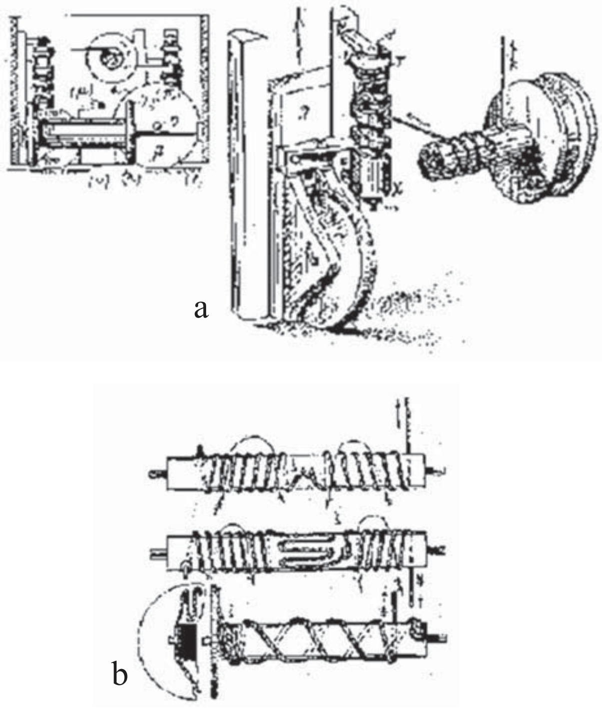
Si tramanda che anche altri alessandrini (Archita di Taranto, Ctesibio, Filone di Bisanzio) abbiano realizzato sistemi automatici, spesso aventi forma di figure umane o di animali, mossi dalla pressione dell'acqua o del vapore.



CR2: *Ercole ed il drago e schema funzionale del meccanismo.*

Il medioevo

Nel medioevo progressi furono fatti soprattutto nei meccanismi a camme e nella programmazione del movimento mediante funi avvolte su cilindri. Alcuni di essi sono riportati in figura CR3. In particolare nella figura CR3a è mostrato un meccanismo a camme mentre nella figura CR3b sono mostrati dei cilindri sui quali è avvolta una fune con passo e verso di avvolgimento variabili; tirando la fune a velocità costante, la legge del moto con la quale ruota il cilindro dipende dal passo e dal verso di avvolgimento della fune sul cilindro stesso. È possibile così "programmare" la legge del moto del cilindro.



Si racconta che Papa Silvestro II (salito al Soglio Pontificio nel 999) abbia inventato il meccanismo a scappamento sulla base del quale sono costruiti i moderni orologi meccanici, e la leggenda vuole che questa controversa figura di Papa abbia costruito anche statue semoventi ed una testa parlante che funzionava grazie al vapor acqueo.

Un'altra leggenda vuole che Alberto Magno (1204-1282) abbia costruito un servitore meccanico, forse per liberarsi da incombenze materiali e poter dedicare più tempo allo spirito.

Tra gli automi medioevali è particolarmente interessante l'orologio con l'elefante, rappresentato in figura CR4, costruito dall'arabo Al Jazari (1136 – 1206) e da lui descritto molto dettagliatamente nel suo trattato "*Libro sulla conoscenza di ingegnose apparecchiature meccaniche*" del 1206. Questo testo di Al Jazari rappresenta un trattato sulle più avanzate conoscenze in campo meccanico del mondo arabo nel medioevo.

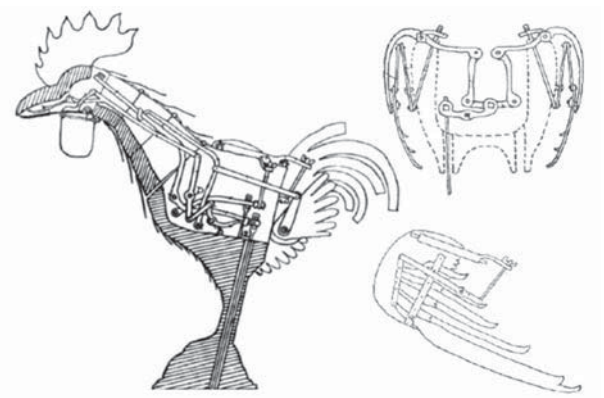
L'automa è estremamente interessante per la presenza di meccanismi particolarmente ingegnosi. Il "motore" ed il misuratore del tempo è rappresentato dal peso di un secchio forato che galleggia nell'acqua contenuta nella pancia dell'elefante. Il foro fa sì che il secchio affondi in un tempo stabilito, dei meccanismi ad esso collegati vengono attivati dall'affondamento del secchio che è collegato ad un cordino; quest'ultimo comanda il rilascio di una sfera sul tetto del baldacchino che cade nella bocca di un serpente. Questo, per il peso della sfera, ruota verso il basso e comanda l'automa che batte la mezz'ora su di un tamburo.

Esempi europei di automi associati ad orologi sono quelli costruiti per alcune cattedrali dell'epoca; tra

A fianco, CR3a - b: *meccanismi a camme e funi.*

questi, il più famoso è probabilmente il gallo dell'orologio astronomico della Cattedrale di Strasburgo, un disegno del quale è rappresentato in figura CR5.

In alto, CR4: *l'orologio con elefante.*
Sotto, CR5: *il gallo meccanico della Cattedrale di Strasburgo.*



Il Rinascimento

I primi esempi di automi rinascimentali sono quelli dell'Italiano Giovanni Fontana (nato a Padova circa nel 1395 e morto poco dopo il 1454) è la strega che sputa fuoco rappresentata in figura CR6. Gli automi costruiti da Fontana sono descritti dall'Autore nel suo trattato "*Bellicorum Instrumentorum Liber*", una copia del quale è consultabile gratuitamente presso il sito della Biblioteca di Monaco di Baviera. Gli automi di Fontana sono particolarmente interessanti per la presenza di articolazioni molto dettagliate per riprodurre i movimenti delle braccia e della testa come si può osservare nel-l'esempio di figura CR7. A questo proposito occorre ricordare che Fontana "nasceva" come medico.

Secondo alcuni, Leonardo da Vinci si occupò (anche) di questa disciplina disegnando nel 1495 un meccanismo che è stato interpretato dal-l'ingegnere nordamericano Mark E. Rosheim come il primo esempio di androide a tutti gli effetti.

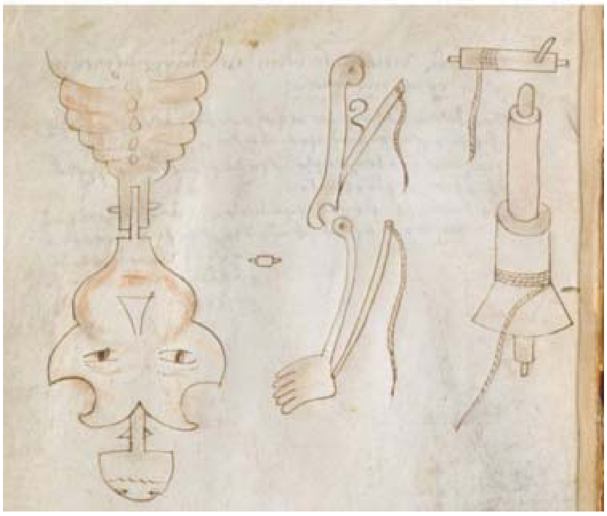
Una ricostruzione del "*Robot di Leonardo*" ed uno dei disegni ad esso relativi sono mostrati nella figura CR8.

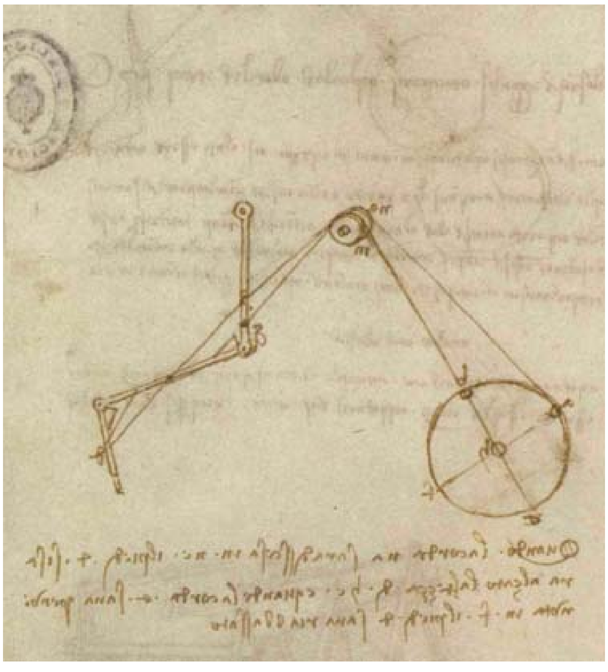
È indubbio che Leonardo abbia disegnato un dispositivo in grado di far muovere lungo delle guide alcuni manichini in armatura sugli spalti di un castello in modo da simulare la presenza di uomini armati; tuttavia, alla luce di quanto è noto a chi scrive, l'interpretazione che i disegni di Leonardo siano un "robot androide" non è proprio del tutto convincente.

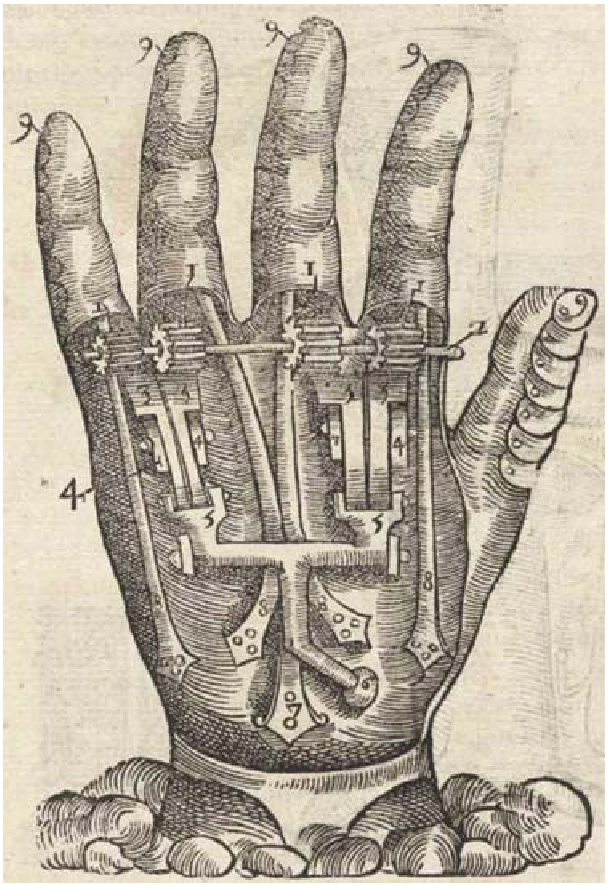
Anche se non erano precisamente automi, devono essere ricordate alcune protesi realizzate dal chirurgo francese Parè Ambroise (1510-1590) tra le quali è particolarmente notevole la mano meccanica (v. fig. CR9) descritta nel suo trattato "*Dix livres de chirurgie"* (Parigi 1564); essa fu costruita per un ufficiale francese che aveva perduto una mano in battaglia.

Come si può osservare, il livello di perfezione degli "attuatori" e delle articolazioni delle dita è davvero sorprendente per l'epoca. È davvero un peccato che gli studi del chirurgo francese siano stati abbandonati per alcuni secoli. Una spiegazione verosimile è

Sopra, CR6: *la strega che sputa fuoco di Johannes Fontana.*
A fianco, in alto, CR7: *articolazioni delle membra degli automi di Fontana.*
A fianco, in basso e sotto, CR8: *il "robot" di Leonardo.*







Sopra, CR9: *mano meccanica.*
In basso, CR10: *interno dell'anatra di de Vaucanson.*

che, in quei secoli, la realizzazione di congegni che riproducessero molto realisticamente quelli della natura fosse ritenuta da molti una attività sospetta.

Un impulso alla realizzazione dei meccanismi che muovevano figure di esseri umani o di animali fu dato nel secolo XVI dall'utilizzo della molla a spirale; essa è essenzialmente costituita da una lamina metallica avvolta a spirale che può immagazzinare lavoro meccanico per poi restituirlo nel tempo ed è ancor oggi impiegata negli orologi meccanici. Mediante la molla a spirale fu possibile dotare gli automi di un motore interno, mentre, fino ad allora, essi erano mossi da una fonte di energia esterna, salvo rarissime eccezioni.

Nel secolo XVI furono così realizzati da maestri orologiai di Augusta e Norimberga piccoli orologi da tavolo con figure umane che si muovevano grazie al meccanismo ad orologeria. Nello stesso secolo furono realizzati inoltre un buon numero di figure mobili installate sui campanili e sugli orologi delle chiese. Tra tutti si ricorda il gallo meccanico montato nel 1574 sull'orologio della Cattedrale di Strasburgo che, a mezzo giorno, appariva, batteva le ali e, dopo aver aperto il becco, cantava tre volte.

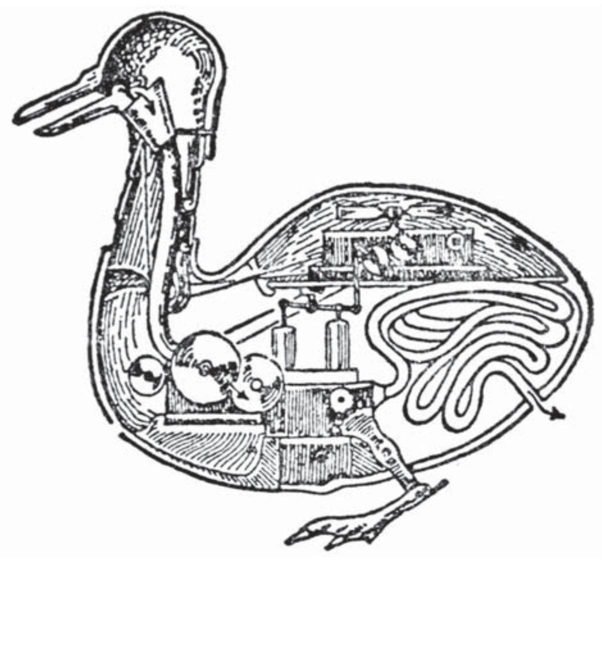
Il XVIII secolo

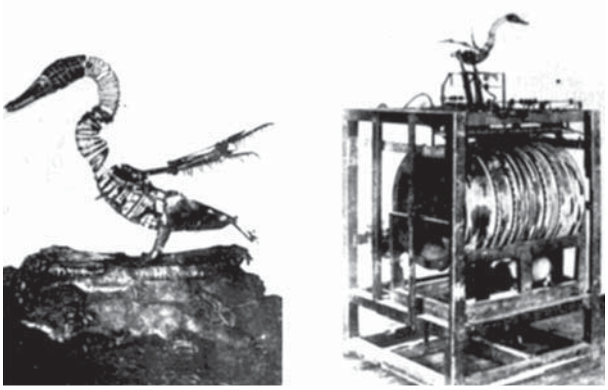
Nel XVIII secolo, accanto al grande sviluppo delle scienze, si verifica uno sviluppo senza precedenti della tecnica e dell'artigianato. In particolare sono notevoli i progressi della meccanica di precisione per la costruzione di orologi. È questo un contesto molto favorevole allo sviluppo di meraviglie meccaniche da donare a re ed imperatori e da esibire presso le corti europee.

Uno dei più noti ideatori e costruttori di automi fu Jacques de Vaucanson (1709-1782) che dal 1737 al 1741 realizzò alcuni automi, il più famoso e sorprendente dei quali è certamente l'anatra mostrata in figura CR10.

La versione originale di questo automa è andata perduta ma è riportata nella Encyclopedie di Diderot e d'Alambert, (1751). Con questa realizzazione, probabilmente per la prima volta, un progettista tenta di riprodurre, con la meccanica, non solo il movimento ma anche le funzioni degli organi interni di una creatura appartenente al regno animale. L'anatra del de Vaucanson era composta da oltre mille pezzi e le ali da sole contenevano circa 400 parti mobili per riprodurre al meglio possibile i movimenti di un'anatra in carne ed ossa. La macchina imitava molto realisticamente i movimenti principali di un'anatra ed inoltre beveva e beccava chicchi di grano.

All'interno del corpo dell'anatra sono celati particolari sorprendenti: l'acqua ed i chicchi di grano, triturati dal becco, venivano aspirati in un sacchetto che simulava lo stomaco nel quale avveniva una specie di digestione, al termine della quale si verificava l'evacuazione.





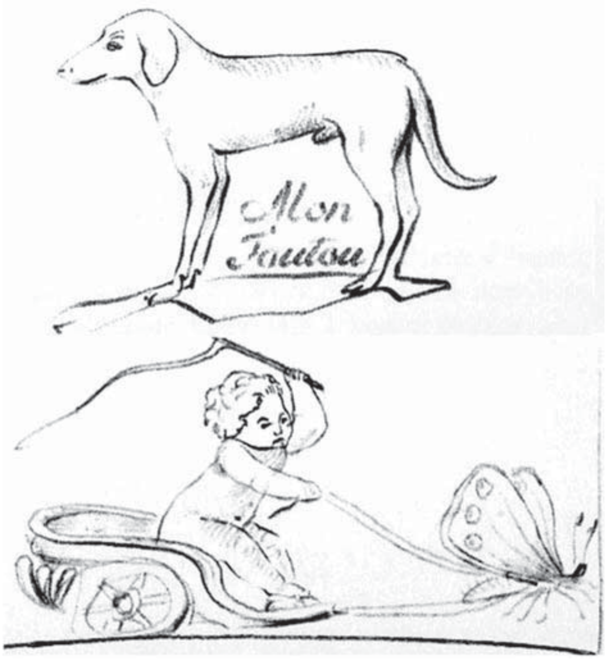
Sopra, CR11: *meccanismo anatra di de Vaucanson.*
In basso, CR12: *automi dei Jaquet Droz.*
A fianco, CR13: *meccanismo dello "Scrivano".*

Non si conoscono descrizioni accurate sul come avvenisse questa pseudo digestione ma il celebre prestigiatore Robert-Houdin affermò di aver riparato l'anatra e che l'evacuazione fosse stata realizzata con un abile "trucco" utilizzando mollica di pane bagnata e colorata di verde. Non è noto se il "trucco" sia stato da attribuire al de Vaucanson o a Robert-Houdin; pare che dell'automa fossero state realizzate copie più o meno fedeli e quindi il prestigiatore potrebbe aver riparato una copia e non l'originale. Ogni movimento dell'automa era codificato mediante cilindri dentati od opportunamente sagomati (v. CR11).

Automi molto celebri e per molti versi straordinari furono costruiti da due orologiai svizzeri: Pierre ed Henri-Louis Jaquet Droz, rispettivamente padre e figlio. I due orologiai, coadiuvati da Jean-Frédéric Leschot, tra il 1768 ed il 1774 costruirono bambole meccaniche davvero stupefacenti. Al padre si deve *Lo Scrivano* ed al figlio *Il Disegnatore* e *La Suonatrice*, ancor oggi visibili (v. CR12) presso il Museo dell'Arte e della Storia di Neuchatel in Svizzera. I tre automi sono mossi da motori ad orologeria e, mediante un complicato meccanismo a camme, lo scrivano scrive un messaggio, il disegnatore riproduce un disegno e la suonatrice esegue un breve brano musicale su di una vera tastiera. Il compito che ognuno di loro esegue può essere scelto fra alcuni possibili; in qualche misura si può quindi parlare di una specie di riprogrammabilità.

In figura CR13 è mostrato il dorso dello scrivano aperto in modo da rendere visibile parte del meccanismo. Esso è composto di due parti: la prima, situata superiormente, agisce su di un cilindro con tre gruppi di camme; la seconda, posta al di sotto della prima, muove il cilindro verticalmente. Il movimento della mano è dato dalla combinazione di due spostamenti ortogonali tra loro. Sulla ruota visibile in basso sono disposti 40 risalti ciascuno dei quali costituisce una camma che serve a tracciare una lettera. In figura CR14 sono riportati esempi di disegni dell'atoma "il disegnatore".

Le figure che si riferiscono agli automi dei Jaquet Droz sono state



gentilmente concesse da M.me Caroline Junier, curatrice degli automi del Musèe d'Art et d'Istoire, Neuchatel, Svizzera.

Il XIX secolo

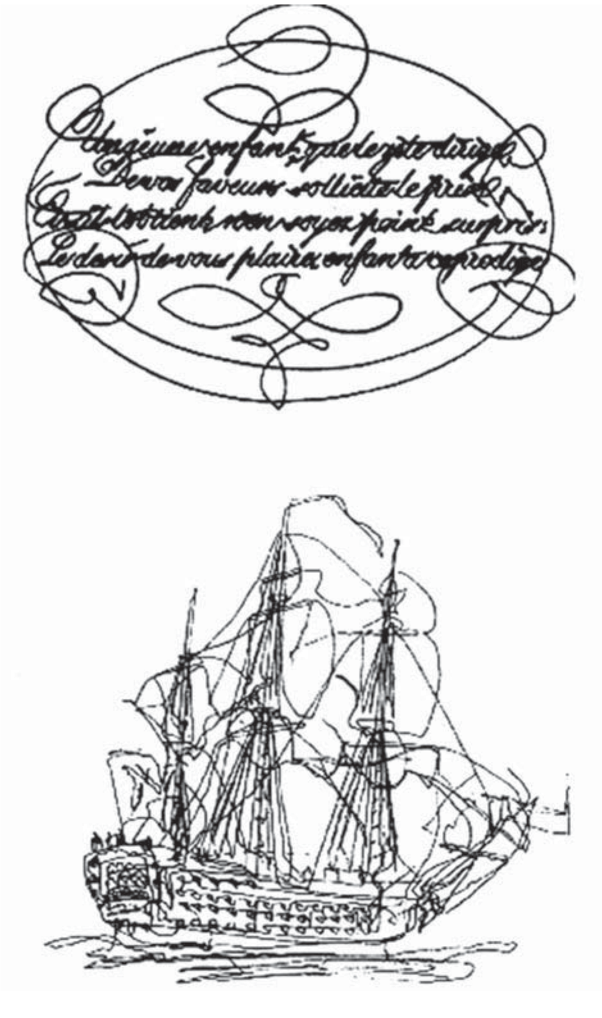
All'inizio del XIX secolo furono realizzati gli automi dei fratelli Maillardet (Jaques-Rodolphe, Henri e Jean David); essi furono prima apprendisti e poi soci dei Jaquet Droz e continuarono il lavoro dei loro maestri. L'automa in figura CR15 riproduce un adolescente ed è in grado di scrivere una poesia ed un suo simile poteva eseguire un disegno scelto tra quattro possibili; esempi sono mostrati in figura CR16.

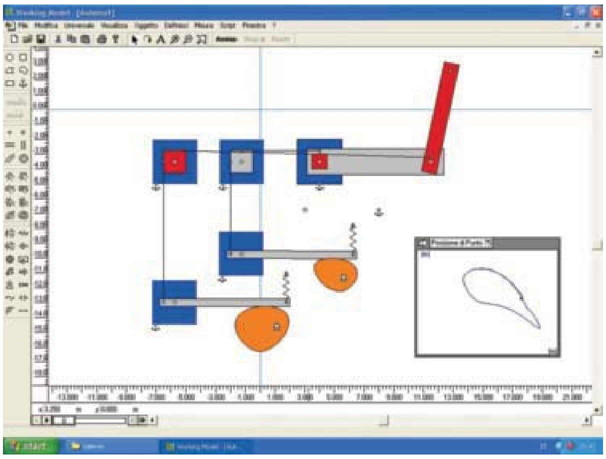
Come si può osservare dalla figura CR16, la qualità del disegno è davvero sorprendente specialmente se si pensa che per realizzare ogni singolo tratto del disegno stesso è necessaria una camma del meccanismo che muove il braccio dell'automa.

Poesia dello "scrivano"e disegno dello "scrivano"

Con la rivoluzione industriale si registra un notevole aumento del numero di inventori di automi e della produzione di questi ultimi che però sono di solito di livello più basso di quelli costruiti nel secolo precedente. Ciò può spiegarsi col fatto che tanto l'inventiva quanto la mentalità dei tecnici della metà

A fianco, CR14: *disegni dell'automa "Il disegnatore".*
In basso, a sinistra, CR15: *lo "scrivano" dei Maillardet.*
Sotto, CR16: *poesia e disegno dello "scrivano".*



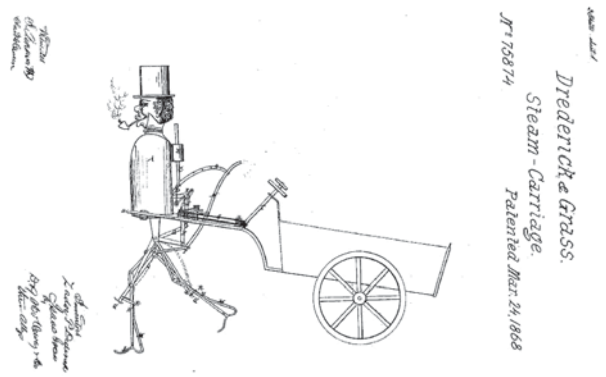


Sopra, CR17: *modello di simulazione.*
In basso, CR18: *automa a vapore di Dederick's, U.S. Patent 75874.*

dell'ottocento era rivolta verso aspetti e realizzazioni più pratiche. Gli automi che furono realizzati nel secolo precedente erano capolavori sia dell'ingegneria che della fantasia, tanto da sembrare quasi sospesi tra il mondo reale e quello delle fiabe, ma appartenevano, ormai, ad un tempo irrimediabilmente passato.

Occorre tener presente che tutti gli automi fin qui ricordati sono meccanismi mossi da un motore (generalmente ad orologeria) che faceva ruotare un sistema di camme che a loro volta azionavano i vari organi meccanici dell'automa. I sistemi erano quindi ad un solo grado di libertà: per una data posizione angolare delle camme risultava assegnata la configurazione del sistema da esse comandato. Uno schema di principio ottenuto con un programma di simulazione (Working Model) è riportato in figura CR17.

Negli anni successivi molti degli automi furono ideati o utilizzati da prestigiatori o da progettisti comunque interessati all'illusionismo che a quell'epoca era molto di moda. Tra questi ricordiamo Jean Eugene Robert-Houdin e Stevenard.



Nella seconda metà dell'ottocento, il motore a vapore era ormai giunto alla sua maturità e consentiva di realizzare macchine in grado di muoversi su percorsi relativamente lunghi esercitando sforzi di trazione notevoli. Furono costruiti così automi semoventi che rimorchiavano carri; i carri avevano la funzione anche di assicurare l'equilibrio dell'automa durante la deambulazione. Un esempio di questi automi semoventi l'automa a vapore costruito dall'americano Zadock P. Dederick nel 1868; esso era mosso da un motore a vapore della potenza di circa 3 cavalli la cui caldaia era costituita dal busto dell'automa stesso. La massa di tutto l'automa all'incirca pari a 227 kg. Nella figura CR18 è riportato un disegno del brevetto U.S. 75874 per tale automa.

La Grande Guerra segna il tramonto definitivo dell'era degli automi.

Gli automi in oriente

Il desiderio, le conoscenze tecniche e le abilità degli inventori europei nel costruire automi erano patrimonio anche dei loro colleghi in Oriente, principalmente in Giappone, Cina ed India. La sensibilità e la cultura di quei popoli spinse i loro inventori a sviluppare principalmente bambole meccaniche nelle quali l'estetica era particolarmente curata, quali ad esempio i burattini semoventi Karakuri Ningyo (meccanismi in forma umana); fra questi ricordiamo la bambola che serve il tè mostrata in figura CR19. La bambola, alta circa 36 cm, è dotata di un meccanismo mosso da una stecca di balena che la fa avanzare verso l'ospite al quale porge una tazza di tè; non appena la tazza viene tolta dal vassoio che è nelle mani della bambola, essa si arresta.

Bambola che porta il tè

Si è dibattuto spesso sulla questione se gli automi siano antenati delle macchine che oggi chiamiamo robot. A tal riguardo a chi scrive pare siano da considerare due aspetti: uno tecnico ed uno che si potrebbe definire "concettuale".

Dal punto di vista tecnico, tutte le definizioni di robot attualmente accettate fanno riferimento ad una macchina riprogrammabile e multifunzionale. Sebbene alcuni automi abbiano posseduto, in una certa misura, caratteristiche di riprogrammabilità, certamente nessuno di essi può essere definito multifunzionale. Come è noto, negli attuali robot industriali, il braccio meccanico è costituito, invece, da un insieme di elementi rigidi collegati tra loro in modo da formare

Sopra, CR19: *bambola che porta il tè.*

una catena cinematica aperta e dotati ciascuno di un proprio servomotore che fa muovere il segmento stesso rispetto a quello che lo precede; si tratta quindi di un meccanismo a più gradi di libertà. Il movimento delle parti che costituivano un automa, invece, era realizzato mediante una serie di camme che muovevano le articolazioni tramite un sistema di leve e tiranti più o meno complesso; tutte le camme erano montate su di un albero o su più alberi collegati tra loro e mossi da un unico motore. Tutto il meccanismo dell'automa era quindi ad un solo grado di libertà: nota la posizione dell'albero sul quale erano montate le camme, era univocamente determinata la posizione di tutti gli elementi che costituivano l'automa stesso. Prima dell'avvento del calcolatore elettronico non era possibile controllare il movimento di più motori azionanti i segmenti di una catena cinematica aperta. Per quanto detto, quindi, da un punto di vista tecnico, non sembra che gli automi si possano considerare antenati dei moderni robot a tutti gli effetti.

Da un punto di vista concettuale occorre osservare che i moderni robot sono progettati e costruiti con uno scopo preciso, generalmente essi servono per sostituire o potenziare il lavoro manuale in tutte le operazioni nelle quali esista una convenienza nel farlo. Gli automi invece furono ideati e costruiti per puro diletto. Anche se non mancano esempi in cui sia stato ricavato denaro dalla loro esibizione o vendita, appare chiaramente che il fine principale degli inventori di automi fosse quello di appagare un proprio desiderio o la voglia di stupire e di stupirsi, forse il desiderio di realizzare un sogno. Anche da questo punto di vista quindi, più che mai, gli automi non sono degli antenati dei robot industriali. D'altra parte sembra significativo il fatto che il loro tempo finisca, quasi del tutto, con il XIX secolo.

Ma è giusto riconoscere che nei secoli passati sono esistiti uomini le cui conoscenze di meccanica erano molto superiori a quello che si pensa comunemente ed è giusto ricordarli. In questo senso gli automi costituiscono dunque interessanti esempi della evoluzione delle conoscenze dell'uomo e, forse principalmente, delle sue capacità di inventare nuove cose.

È forse eccessivo dire che in molte di queste macchine la scienza e la tecnica abbiano sposato l'arte e la poesia. Forse lo è, però si è tentati dal farlo.

Bibliografia

A. P. USHER – *A History of Mechanical Inventions* – Dover Pubbl. Inc NY, 1982. ISBN-0-486-25593-X

AA.VV. – "Enciclopedia Italiana" – Istituto Giovanni Treccani, 1929 e segg.

P. B. SCOTT – *La Rivoluzione Robotica*– IAR Franco Muzzio Editore, 1987 ISBN 88-7021-290-4

Enciclopedia della Scienza e della tecnica – Mondadori-McGraw Hill, 1965.

C. ROSSI – "*Una breve rassegna sugli automi: la meccanica che ha preceduto i robot.*" – Atti del 1° Convegno Nazionale di Storia dell'Ingegneria – Napoli, 8-9 marzo 2006, pp.715-727.

C. ROSSI, M. CIGOLA, M. CECCARELLI – *Alcune tappe verso l'automazione* - Atti del 2° Convegno Nazionale di Storia dell'Ingegneria – Napoli, 7-9 aprile 2008

M. G. LOSANO – *Storie di Automi* – Einaudi, 1990, ISBN-88-0612224-X

S. BARBACCI – *From the Golem to Artificial Intelligence: science in the Theatre for an existential Reflection* – Jekyll comm. 3 - Sept.2002

P. B. SCOTT – *La Rivoluzione Robotica*– IAR Franco Muzzio Editore, 1987 ISBN 88-7021-290-4

J. COHEN – *I robot nel mito e nella scienza* – De Donato, 1981, CL 07-0492-X.

M. E. ROSHEIM – *Leonardo's Lost Robot* – Springer, 2006, ISBN: 3-540-28440-0

C. ROSSI, F. RUSSO, F. RUSSO – *Automatic Weapons of the Roman Empire* – 2nd European Conference on Mechanism Science EUCOMES 2008, 17- 20 September 2008: Cassino, Italy.

M. G. LOSANO – *Automi d'Oriente* – Medusa, 2003, ISBN 88-88130-78-0

A. UNGERER – *L'Horologe astronomique de la cattedrale de Strasbourgh* – Strasbourg, 1920.

E. BATTISTI, G. SACCARO BATTISTI – *Le macchine cifrate di Giovanni Fontana* – Arcadia, 1984, ISBN 88-85684-06-08.

Informazioni ed immagini interessanti (alcune delle quali riportate nel testo) possono essere trovate nei siti Internet che seguono:

www.systems.tuc.gr/ieeecss/Heron_of_Alexandria.pdf

http://www.etl.uom.gr/mr/index.php?mypage=antikythera

http://en.wikipedia.org/wiki/Antikythera_mechanism

http://www.mlahanas.de/Greeks/HeronAlexandria.htm

www.geocities.com/Athens/Acropolis/6914/ero.htm

www.history.rochester.edu/steam/hero/index.html

www.control.uni-paderborn.de/heron. html

www.z-kat.com/company/adv research/ leonardo.shtml

www.gimpnet.com/adn/ngallery/automat2.html

http://www.rcvr.org/scuole/negrar/media/lavori/archimed/archimed.htm

www.z-kat.com/company/advresearch/leonardo. shtml

http://www.marina.difesa.it/editoria/rivista/rivista/2004/febbraio/febbraio.asp

http://www.racine.ra.it/ungaretti/archeoinweb/tessitura.htm

http://inventors.about.com/library/weekly/aa071401a.htm

http://www.the-romans.co.uk/ calendar. htm

http://www.crystalinks.com/clocks.html

http://hp-gramatke.net/pmm_physics/english/page0450.htm

www.history.rochester.edu/steam/hero/index.html

http://www.girovagandointrentino.it/puntate/2003/estate/riva/leonardo.htm

http://www.angelfire.com/electronic/awakening101/leonardo.html

http://www.leonardo3.net/leonardo/volo_eng.php

www.thocp.net/reference/robotics/robotics.html

www.control.uni-paderborn.de/heron. html

music.calarts.edu/~sroberts/articles/DeVaucanson.duck.html

en.wikipedia.org/wiki/Shitting_duck_of_France

www.gimpnet.com/adn/ngallery/automat2.html

www.miralab.unige.ch/subpages/automates/eightennth/jaquetdroz_uk.htm

www.nyu.edu/pages/linguistics/courses/v610051/gelmanr/cult_hist/text/p312.html

fi.edu/pieces/knox/automaton/

www.bigredhair.com/robots/

www.cjn.or.jp/karakuri/index.html

www.honda-robots.com/english/html

www.eu.aibo.com/

http://digilander.libero.it/time.out/robot/robot.htm

www.robot.deagostini.it/Index.html

Braccia

Tavole tratte dall'opera di Ambroise Parè, Instrumenta chyrurgiae et icones anathomicae, Parigi, 1564.

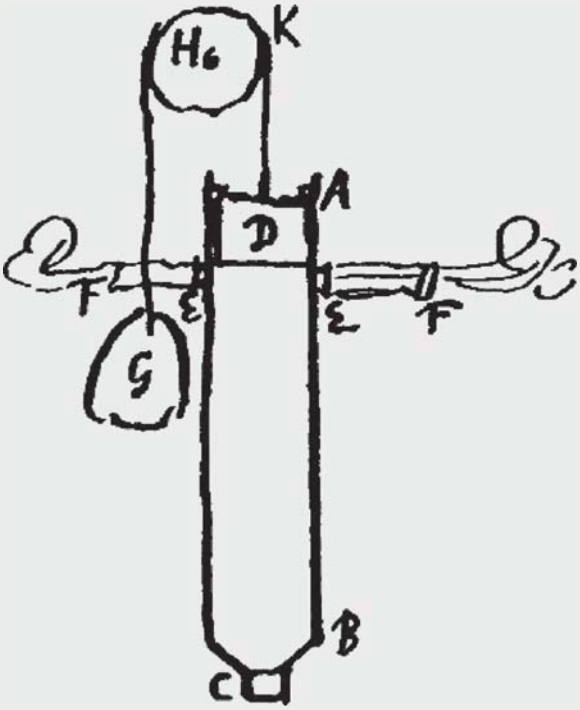
Militaria mirabilia

Il motore a polvere pirica

Cristiaan Huygens, 1629-1695, fu una delle eminenze scientifiche del XVII secolo a cui si devono accurati studi di matematica, di fisica, di ottica e, soprattutto, di astronomia. Si occupò pure di meccanica e in data 22 settembre 1673 descriveva al fratello, in una meticolosa lettera, una macchina da lui ideata funzionante a polvere pirica.

Il criterio informatore per molti aspetti ricorda quello del motore endotermico, nel quale la violenta dilazione prodotta dalla combustione di un idrocarburo allo stato aeriforme, per lo più miscela aria-benzina o aria-gasolio per il Diesel, determina il moto dello stantuffo e la reiterazione del ciclo la sua rotazione. Tuttavia la macchina di Huygens non fu una sorta di archetipo del suddetto motore, non a caso definito a scoppio, poiché non è l'esplosione di un piccolo quantitativo di polvere che muove lo stantuffo, ma semplicemente scaccia l'aria dal cilindro che lo contiene, per cui per il vuoto così generato, lo risucchia dalla sua posizione di riposo stabilizzata da un apposito fermo.

In altre parole pur avvenendo all'interno di un cilindro munito di stantuffo una violenta combustione è soltanto la pressione dell'aria esterna che spinge in basso lo stantuffo, pertanto se la definizione di macchina a combustione interna può considerarsi calzante, non altrettanto lo è quella di motore che, paradossalmente si atta-



In alto, a sinistra: *ritratto di Cristiaan Huygens.*
A fianco: *schizzo autografo di Huygens di una macchina termica funzionante a polvere pirica.*

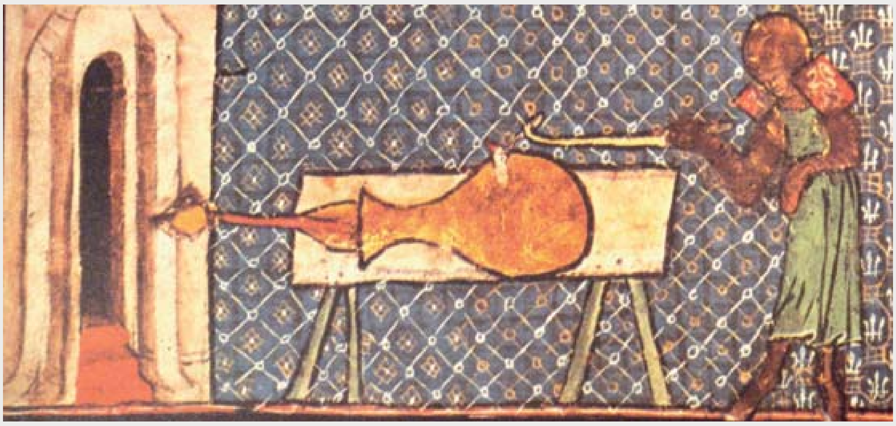
glia bene al cannone da cui derivano tutte le macchine motrici a combustione interna. Questa la sua lettera:

Nei giorni scorsi ho fatto vedere ai signori dell'Accademia nostra e quindi anche al signor Colbert il disegno di una invenzione, che si è giudicata come assai buona e dalla quale mi aspetterei grandi effetti, se fossi sicuro che essa riesca in grande altrettanto bene come è riuscita in piccolo. Si tratta di una nuova forza mobile da ottenersi per mezzo della polvere da sparo e della pressione dell'aria.

AB è un tubo, ben levigato internamente e di larghezza uniforme. D è uno stantuffo posto in alto nel tubo, che si può muovere dentro di esso, ma che contemporaneamente non può uscire fuori del tubo, poiché ivi è assicurato un riscontro che lo impedisce. Sotto al tubo è avvitata una piccola capsula, per la perfetta tenuta della quale si è impiegato del cuoio. Nei punti EE del tubo sono praticate delle aperture e ad esse sono assicurati dei manicotti EF di cuoio bagnato. Nella capsula C si pone, prima di fissarla, un po' di polvere da sparo con un pezzetto di miccia. Dopo aver acceso questa a una estremità, si fissa la capsula. Il fuoco raggiunge allora la polvere, che infiammandosi riempie il tubo e ne caccia l'aria attraverso le valvole EF, che subito dopo per la pressione dell'aria esterna si chiudono e vengono premute contro le aperture, che sono munite di griglia perché le valvole di pelle non entrino nel tubo. Restando allora il tubo in tal modo vuoto, o quasi vuoto, d'aria, l'aria esterna comprime con grandissima forza lo stantuffo D e lo costringe ad entrare nel tubo, al che esso trascina con sé la corda DK e quindi il peso G, o qualsiasi altra cosa che vi sia attaccata.[1]

1 Da C. HUYGENS, *La macchina a polvere da sparo*, citazione tratta da F. KLEMM, *Storia della tecnica*, Milano 1959.

In alto, a sinistra: *un altro schizzo autografo di Huygens relativo ad una macchina termica funzionante a polvere pirica.*
Sotto: *Miniatura raffigurante uno dei primi cannoni medievali.*



Parte Seconda

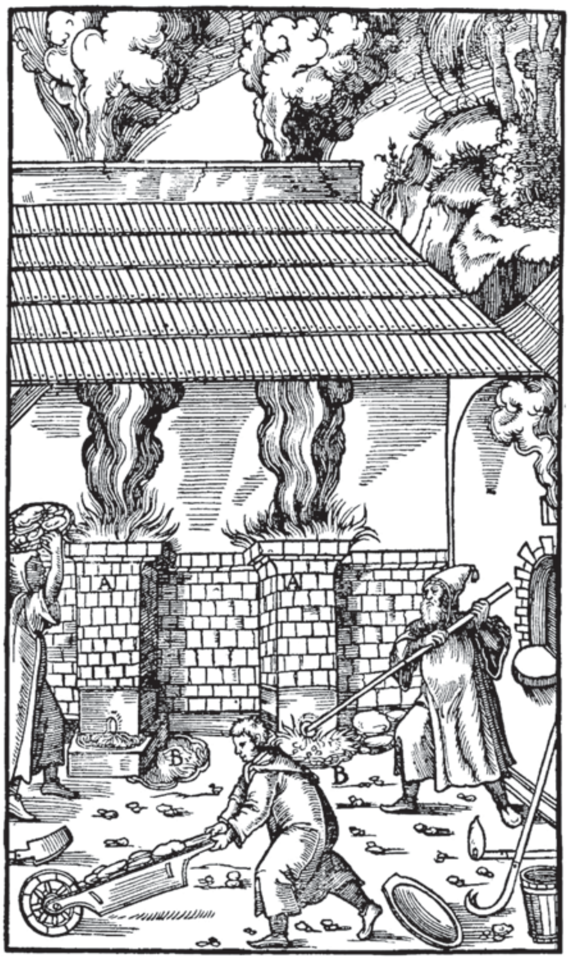
Sollevare

Il sollevamento dell'acqua nelle miniere

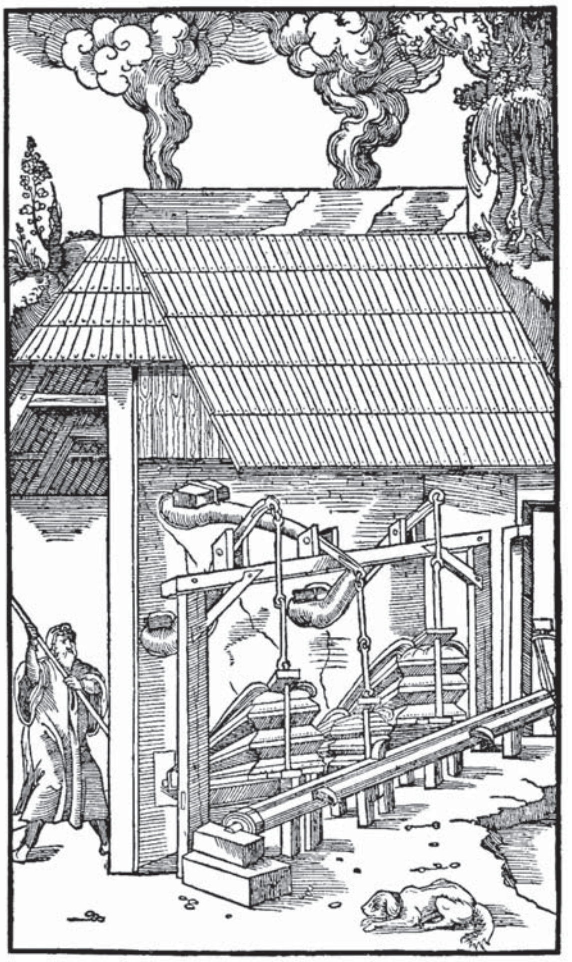
A partire dalla seconda metà del XV secolo la domanda di cannoni in Europa subì un brusco innalzamento. Vuoi per la crescente e minacciosa espansione turca, vuoi per l'incrementarsi della guerra di corsa sui mari e per conseguenza della difesa costiera anticorsara a terra, vuoi infine per la formazione dei grandi Stati nazionali con il corollario di incessanti combattimenti, la produzione di artiglierie divenne spasmodica. Da tempo i cannoni si realizzavano sia in bronzo colato che in ferro battuto e da tempo si auspicava che anche il secondo e più vile metallo potesse essere colato in stampi come il primo, fornendo pezzi di buona qualità. In realtà la soluzione metallurgica del problema non era semplice da ottenere e solo per una serie di fortuite circostanze, intorno alla metà del XVI secolo, si riuscì finalmente a gettare cannoni in ferro. Ovviamente il procedimento fu fortemente agevolato dalla concomitante presenza del minerale e del carbone dimostratosi ideale per la fusione, per cui in breve Gran Bretagna, Germania e Svezia si distinsero nella produzione di ottimi cannoni di ferro colato[2]. La spiegazione di quella eccellenza, presto rivelatasi strategica, insisteva nel costo

In alto: *Theodore Gudin, scontro a fuoco tra un vascello francese e due galere corsare.*
Sopra: *vascello britannico attaccato da due fuste corsare barbaresche.*
Sotto: *cannone in ferro colato del XVI-XVII secolo su affusto navale a cassa.*

2 Cfr. C. M. CIPOLLA, *Vele e cannoni*, Imola 1983, pp. 33 e segg.



A—Furnaces. B—Forehearths.



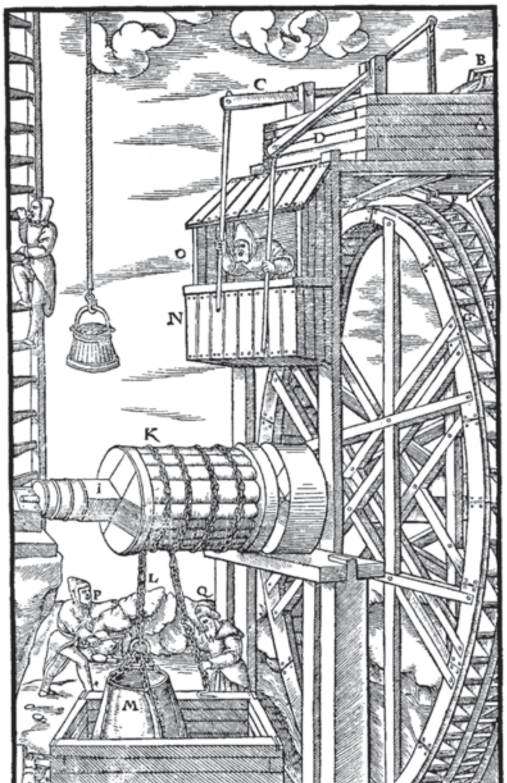
A—Furnaces. B—Forehearth. C—Door. D—Water tank. E—Stone which covers it. F—Material of the vent walls. G—Stone which covers it. H—Pipe exhaling the vapour.

In questa pagina e, in alto, nella pagina a fianco: *attività siderurgica del XVI secolo nelle tavole di Georg Agricola.*
Nella pagina a fianco, in basso: *Georg Agricola, la grande macchina per il drenaggio nelle miniere.*

notevolmente inferiore che i cannoni in ferro avevano rispetto a quelli in bronzo, un terzo o un quarto addirittura, che li rendeva nonostante la loro inferiore qualità richiestissimi. Ne scaturì lo svilupparsi da un lato dell'industria siderurgica, con razionali altiforni e sfruttamento dell'energia idraulica, dall'altro delle miniere di ferro e carbone con impianti e macchine se non di inedita concezione senza dubbio di inedita grandezza. Prime fra tutte quelle destinate al drenaggio dell'acqua o al sollevamento del minerale, indispensabili dopo l'esaurimento degli strati superficiali estraendosi a profondità sempre crescenti. Va ricordato che le normali pompe aspiranti, per effetto della pressione atmosferica, cessano di funzionare dopo i 10 m di profondità per cui l'evacuazione dell'acqua, dai livelli più bassi, poteva avvenire soltanto con norie a tazza o con montacarichi a sacche, alternativamente fatte salire e scendere da ruote idrauliche. L'esigenza, le cui avvisaglie si erano già rilevate nelle miniere aurifere ed argentifere sul finire del XV secolo, esplose per quelle di carbone sul finire di quello successivo, portando alla costruzione e all'adozione di complesse norie e potenti montacarichi, sempre azionati da enormi ruote idrauliche. Georg Agricola, 1494-1555, nel suo trattato in latino sull'arte mineraria *De re metallica*[3], fornisce una dettagliata descrizione di tali macchine, soffermandosi in particolare su una delle maggiori che, stando alle fonti, sembrerebbe aver debuttato nelle miniere tedesche agli inizi del '500, diffondendosi in pochi decenni. Questo il brano:

La più grande macchina realizzata allo scopo azionata dalla caduta dell'acqua è quella che segue. Consta innanzitutto di una vasca, fatta di legno, di diciotto piedi di lunghezza e dodici di larghezza ed altezza [circa 70 m³]. In essa per canali e condotte vi è convogliato un ruscello. Nella vasca vi sono due scarichi al di sotto dei quali vi sono due convogliatori per condurre l'acqua fatta fuoriuscire dalla vasca: tramite due leve possono essere sollevati o abbassati per colpire, da una parte o dall'altra, le cassette della ruota idraulica, facendola girare, in un verso o nell'opposto. Le cassette insistono sulle tavole del lato interno della ruota, unite fra loro. La ruota ha un diametro di 36 piedi [circa 10 m] ed è fissata ad un asse; reca lungo il bordo un duplice ordine, come detto, di cassette delle quali metà sono volte in una direzione metà in quella contraria, per cui quando le colpisce l'acqua, la ruota gira in un verso o nell'altro. L'asse è a sezione quadrata di 35 piedi di lunghezza e spesso 2 di lato [circa 10 x 0.7 m]: al di là della ruota vi sono quattro cerchi del diametro di 4 piedi per 1 di larghezza, dei quali ciascuno

A, B—Two furnaces. C—Forehearths. D—Dipping-pot. The smelter standing by the first furnace draws off the slags with a hooked bar. E—Hooked bar. F—Slags. G—The assistant drawing a bucket of water which he pours over the glowing slags to quench them. H—Basket made of twigs of wood intertwined. I—Rabble. K—Ore to be smelted. The master stands at the other furnace and prepares the forehearth by ramming it with two rammers. M—Crowbar.



A—Reservoir. B—Race. C, D—Levers. E, F—Troughs under the water gates. G, H—Double rows of buckets. I—Axle. K—Larger drum. L—Drawing-chain. M—Bag. N—Hanging cage. O—Man who directs the machine. P, Q—Men emptying bags.

3 G. AGRICOLA, *De re metallica,* Basilea 1550, lib. IV.

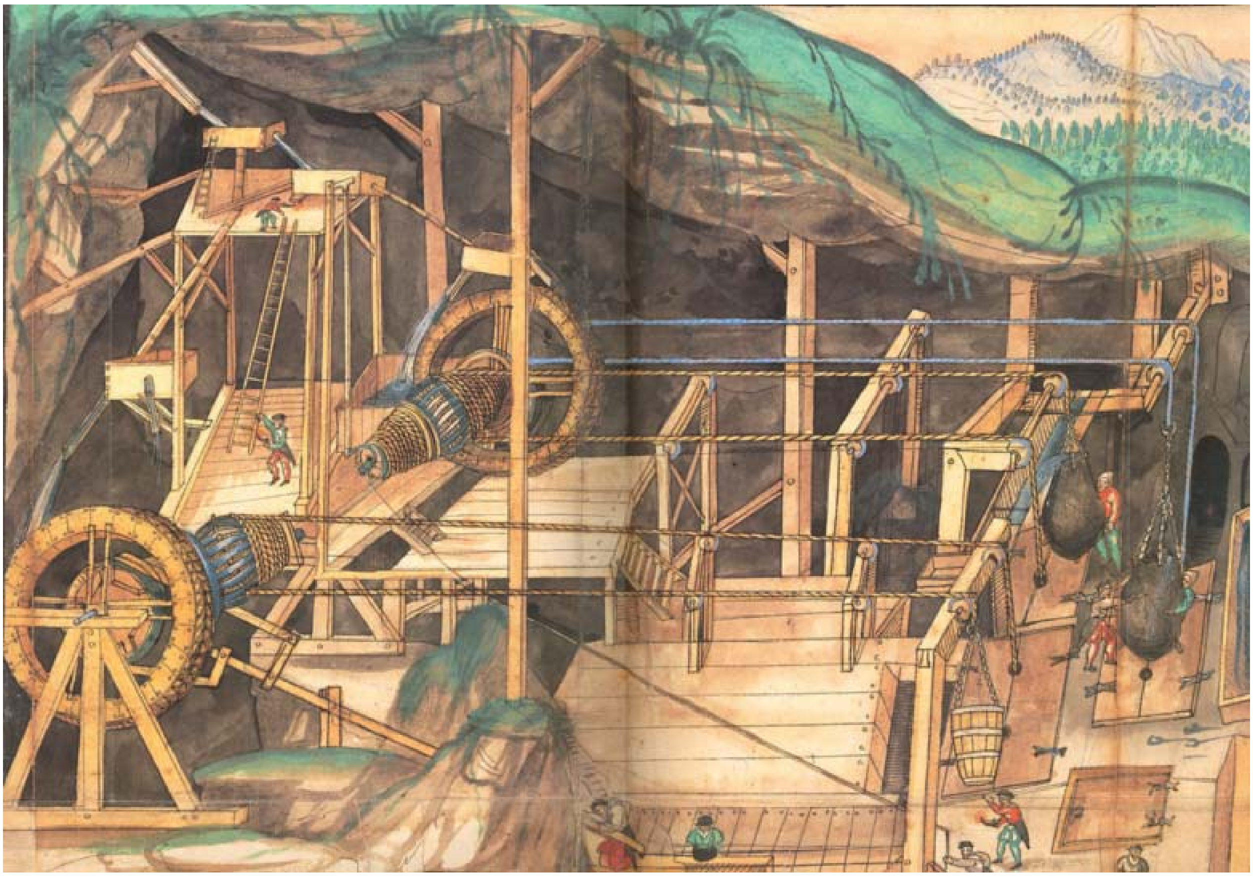
In questa e nelle pagine successive: *tavole tratte dal codice 10.852 di Ludwig Lässl (1556), relative alle tecniche siderurgiche e minerarie del tempo. Vienna, Österreichische Nationalbibliothek.*

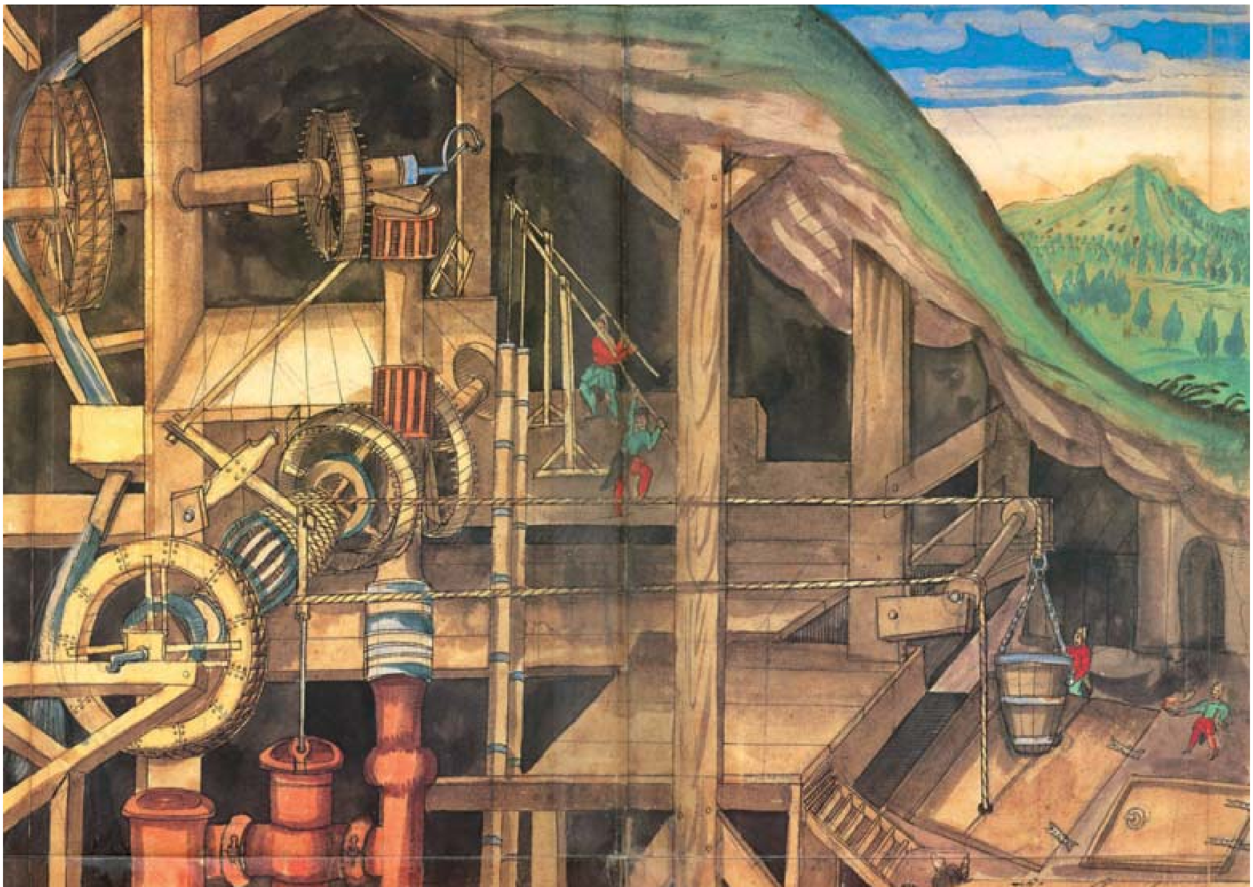
dista dall'altro 4 piedi [Ø 1.2 m per 0.3 di spessore]. Ad essi sono fissati con perni di ferro, dei travi di legno, in modo da farli aderire perfettamente all'intera circonferenza. Affinché tutti i travi possano essere collocati, dalla parte superiore sono più larghi e più stretti nell'inferiore: in questa maniera è costruito il tamburo intorno al quale si avvolge la catena di sollevamento, alla cui estremità con un uncino sono appese le sacche di cuoio. Il modo col quale è costruito il tamburo consente che l'asse si mantenga integro, e quando per uso prolungato si consuma sia agevole riparlo.

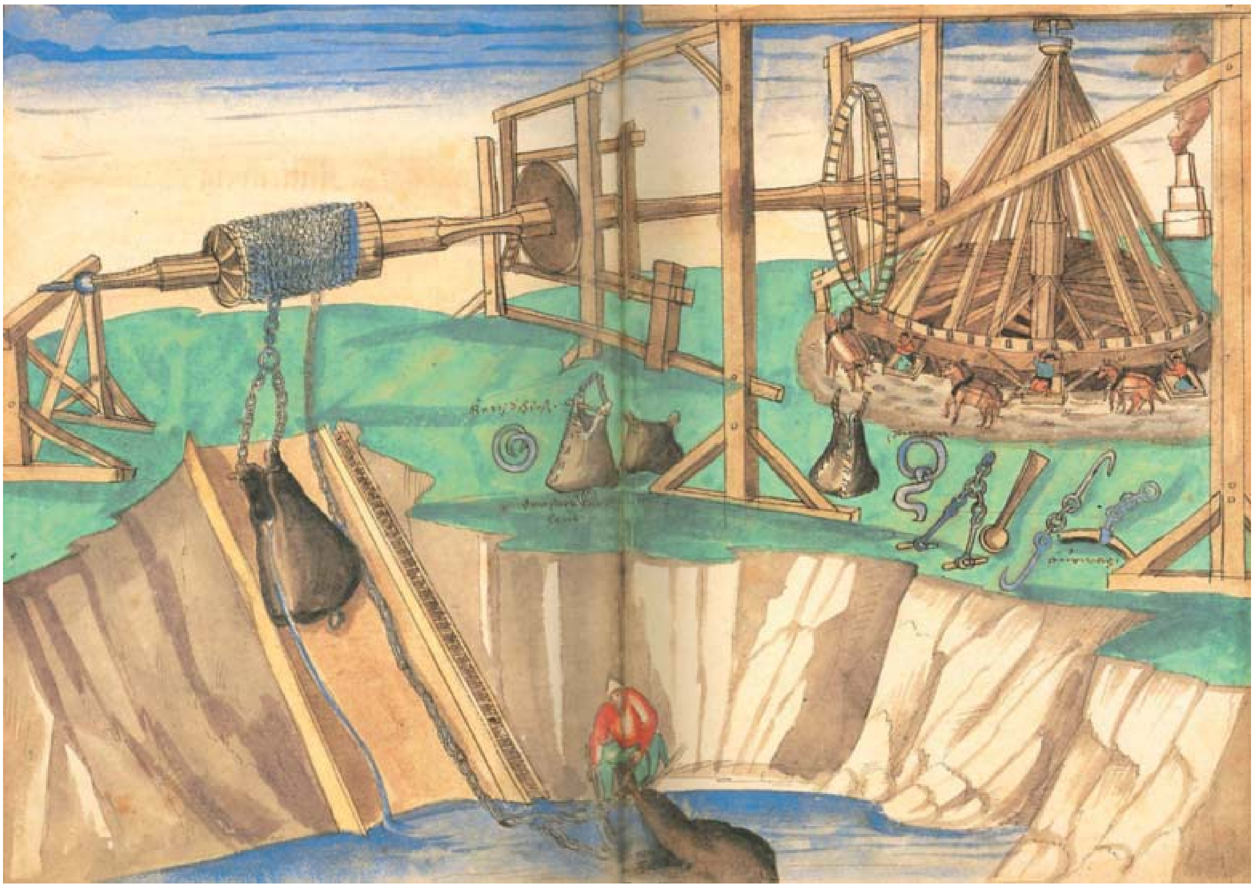
Non lontano dalla testa dell'asse vi è un secondo tamburo spesso 1 piede per 2 piedi di raggio intorno all'asse, che viene chiamato 'arpagone', in grado di trattenere, quando le circostanze lo richiedano, l'impeto della macchina, come in precedenza già descrissi.. Vicino all'asse, vi è una piattaforma di tavole di legno abbastanza inclinata, larga anteriormente 15 piedi ed altrettanto posteriormente [circa 4.5 m]: in essa da entrambe le parti vi è una robusta pertica, con una catena di ferro con un grosso gancio. Questa macchina è manovrata da cinque uomini: uno abbassando le aperture degli scarichi della vasca dell'acqua li chiude, e riapre tirando verso l'alto.

Quest'uomo, che è il manovratore della macchina, sta in una cabina pensile congiunta alla vasca. Quando una sacca è stata sollevata fino al tavolato inclinato, chiude lo scarico dell'acqua affinché la ruota si arresti. Estratta la sacca, apre l'altro scarico affinché le cassette riempite dall'acqua facciano girare la ruota dalla parte opposta. Però se lo scarico non si può chiudere subito e il flusso dell'acqua non si arresta, chiama il collega e gli ordina di sollevare l'arpagone e di frenare il tamburo, e così arresta la ruota.

Due uomini congiuntamente rovesciano le sacche, e di essi uno sta dalla parte del tavolato che si trova di fronte al pozzo, l'altro dalla parte opposta. E così quanto la sacca già è stata estratta, la qual cosa è indicata all'altro uomo che si trova nell'altra parte del tavolato dall'anello della catena di sollevamento: questi afferra con un arpagone, che è un grosso ferro uncinato, un anello della stessa catena e ne trascina una parte fino al tavolato, dove svuota la sacca. E ciò affinché la parte della catena di sollevamento, rimosso il carico della sacca vuota, non cada nel pozzo, tratta giù dall'asse dall'altra parte della stessa catena. Perciò il suo collega di lavoro, vedendo che la sacca estratta è ancora piena d'acqua, chiama il manovratore della macchina, e gli ordina di chiudere gli scarichi della vasca, affinché abbia il tempo per svuotare la sacca. Svuotata la sacca, il manovratore, che prima aveva chiuso lo scarico della vasca per poco tempo, affinché la parte della catena di sollevamento con la sacca vuota non cadesse di nuovo nel pozzo, a quel punto lo riapre completamente. Così quando già una parte della catena è stata tirata presso il tavolato e di nuovo avvolta, anche quella che stava per scendere nel pozzo, viene







estratta dall'altro grande arpagone, che aggancia un suo anello. Il quinto uomo si trova per così dire in una fossa accanto alla cavità: non può perciò restare ferito, qualora accada che per la rottura di un anello parte della catena o quant'altro cada: questo con una pala di legno regge la sacca...[4]

Fuoco per sollevare l'acqua

È agevole constatare che percuotere con il pugno, dopo aver steso il braccio, col tempo si trasformò nelle macchine da lancio la cui palla sostituiva, potenziandolo, il pugno stesso e la gittata, con la sua estensione, il braccio.[5] Equiparazione che ulteriormente incrementata si trasferì anche all'artiglieria per cui nella sua azione si riconosce ancora l'ancestrale origine antropomorfa. Dando per scontato il parallelismo, il cannone, macchina per demolizioni a distanza, potrebbe porsi alla base, come accennato, dei motori a combustione interna, che sono infatti per lo più costituiti da un cilindro, equivalente meccanico dell'anima, e da uno stantuffo equivalente meccanico del proietto[6], quest'ultimi mossi entrambi dalla violenta espansione di un gas, da cui la definizione di motori a scoppio. Huygens tentò, infatti, di trasformare quel moto lineare in rotativo continuo, utilizzando lo stesso propellente del cannone! L'idea, quale che ne fosse l'applicazione pratica, restò soltanto allo stato d'intenti, ma il relativo criterio informatore, uno stantuffo in un cilindro mosso dalla pressione di un fluido caldo, nella fattispecie vapore, premessa per il relativo motore, peraltro già noto e adottato nelle pompe alternative romane, trovò ulteriore adozione proprio da parte di un discepolo di Huygens, Denis Papin, 1647-1712**.**

Papin non era un tecnico, ma un medico che sia pure per pochi anni esercitò effettivamente la professione, abbandonandola per partecipare alle ricerche di fisica condotte da Huygens. Costretto per ragioni religiose a lasciare la Francia nel 1680, riparò in Inghilterra dove riprese i suoi studi protetto da Robert Boyle, 1627-1691, che lo volle al suo fianco. E proprio in quello stesso anno realizzò la sua marmitta a pressione, che chiamò *digestore*. Consisteva in uno spesso recipiente

4 G. AGRICOLA, *De re metallica…, cit.*, Lib. VI- pp. 198-200.

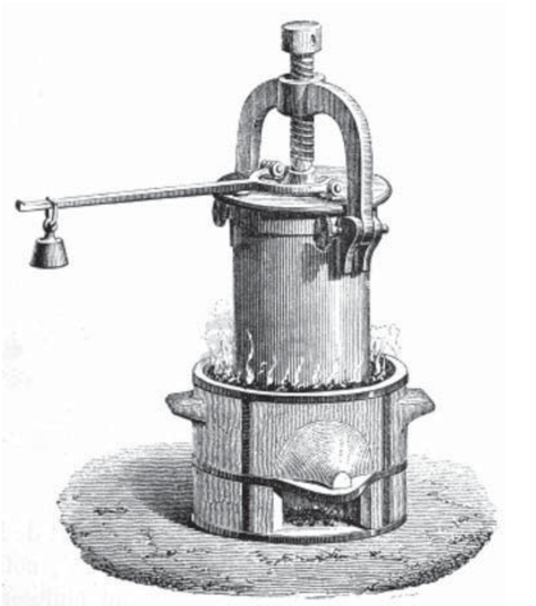
5 Cfr. F. RUSSO, *Tormenta. Venti secoli di artiglieria meccanica*, Roma 2002, pp. 114 e segg; ed ancora F. RUSSO, *L'artiglieria della legioni romane*, Roma 2004, pp. 77 e segg.

6 Cfr. E. BRAVETTA, *L'artiglieria e le sue meraviglie dalle origini fino ai giorni nostri*, Milano 1919, pp. 358 e segg.

metallico dotato di un coperchio superiore a chiusura ermetica, mantenuto in sede da una robusta staffa, munita di una valvola di sicurezza. L'acqua in essa contenuta poteva perciò raggiungere temperature superiori ai 100° senza bollire per l'accrescersi della sua pressione, trasformando così la marmitta in una antesignana caldaia a vapore, tant'è che il passaggio all'applicazione successiva, ovvero alla macchina a vapore propriamente detta, richiese pochi anni appena. Nel frattempo il suo *digestore* garantiva cospicui risparmi energetici e la possibilità di trasformare in cibo gradevole anche gli scarti animali e vegetali. La sua invenzione, infatti, era partita proprio dal desiderio di consentire ai meno abbienti di nutrirsi con le ossa e altri residui della macellazione, nonché erbe coriacee, rendendoli però digeribili se non pure gradevoli al palato. L'intento fu esplicitato in una sua comunicazione alla *Royal Society* del 1679 in cui descrisse le modalità d'impiego della sua marmitta a pressione, facendone risaltare i vantaggi di poter cuocere le ossa e qualsiasi tipo di carne con meno tempo e, soprattutto, con meno spese. L'argomento fu da lui stesso riproposto l'anno successivo in una pubblicazione intitolata *La manière d'amollir les os et de faire couire toutes sortes de viandes en fort peu de mi di et à peu de frais, avec une description de la Marmite, propriétés ses et ses usi.*[7] L'opuscolo vide la luce anche a Londra, col titolo persino più esplicito e dettagliato: *A New Digester, Or Engine for Softening Bones: Containing the Description of Its Make and Use in These Particulars: Cookery, Voyages at Sea, Confectionary, Making of Drinks, Chymistry, and Drying: with an Account of the Price a Good Big Engine Will Cost and of the Profit it Will Afford.*[8] Oltre alle conferenze ed alle pubblicazioni, Pa-

7 D. PAPIN, *La manière d'amollir les os et de faire couire toutes sortes de viandes en fort peu de mi di et à peu de frais, avec une description de la Marmite, propriétés ses et ses usi*, Parigi 1680.
8 D. PAPIN, *A New Digester, Or Engine for Softening Bones: Containing the Description of Its Make and Use in These Particulars: Cookery, Voyages at Sea, Confectionary, Making of Drinks, Chymistry, and Drying : with an Account of the Price a Good Big Engine Will Cost and of the Profit it Will Afford*, Londra 1681.

Sopra: *ritratto di Denis Papin.*
Sotto: *marmitta a pressione di Papin.*



pin per divulgare la sua invenzione organizzò pure delle degustazioni con pietanze cotte con la sua marmitta. A una di esse, a favore della *Royal Society*, tra i tanti invitati vi fu pure il celebre orticoltore John Evelyn, 1620-1706, che ne lasciò questa testimonianza nel suo diario:

> *1682, 12 aprile: sono andato questo pomeriggio con diversi della Royal Society per una cena nella quale tutto era stato preparato, sia che fosse a base di pesce che di carne, col digestore del signor Papin, con il quale le più dure ossa di manzo e di montone, sono state rese morbide come formaggi, senza aggiunta di acqua o altro liquido, e con meno di otto once di carbone, producendo una quantità incredibile di sugo, e per la chiusura della cena, una gelatina fatta di ossa di manzo, il meglio per il sapore e per il buon gusto, e la più deliziosa che avessi mai visto, o assaggiato. Mangiamo pure lucci e altre lische di pesce, e sempre senza disgusto... ma niente ha superato i piccioni, che ho assaggiato come una torta, stufati nel loro brodo senza alcuna aggiunta di acqua...*[9]

La pentola a pressione, oltre alla cottura economica dei cibi, dimostrava vistosamente la potenza del vapore prodotto dall'ebollizione dell'acqua e nel 1687 lo stesso Papin costruì una macchina che in qualche modo lo confermava. Si trattava di un cilindro con stantuffo che, sollevandosi quando l'acqua contenuta nel cilindro iniziava a bollire, e tornando alla posizione di riposo, forniva un lavoro utile. A questa basilare esperienza, che può considerarsi già un motore a va-

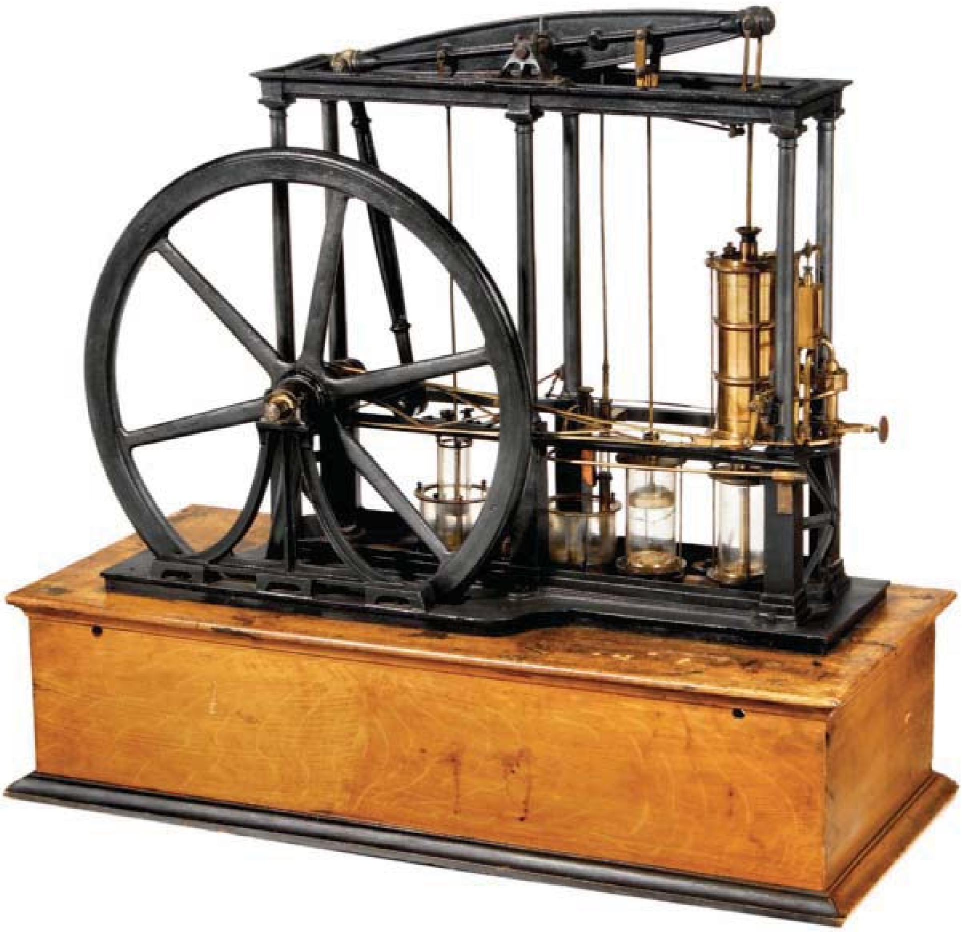
In alto: *marmitta a pressione di Papin in una foto e in una stampa del XVII sec.*
Sotto: *la macchina a vapore di Papin.*

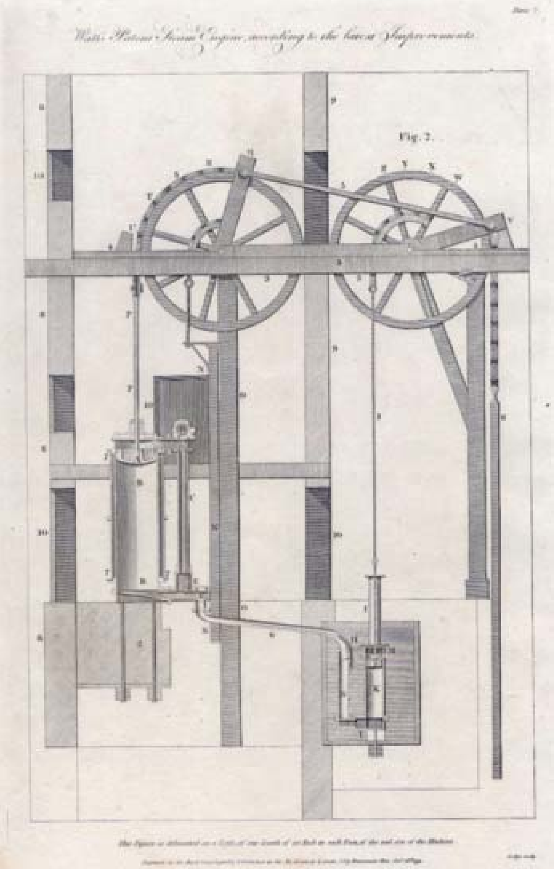
9 Dal *Diario e Corrispondenza di John Evelyn,* uno dei fondatori della *Royal Society.* Il *Diary* fu pubblicato nel 1818 e abbraccia gli eventi compresi tra il 1640 e il 1716 proponendosi come una fonte dettagliata di notizie della coeva cronaca.

pore, seguì un progetto di macchina nella pienezza della definizione che utilizzando sempre il medesimo principio, sollevava l'acqua nelle miniere. Si trattava, senza dubbio, di un archetipo embrionale di macchina a vapore, ma fu quella che consentì nel 1705 a Thomas Newcomen, 1664-1729[10], di costruire il suo enorme motore, che però richiederà ancora 60 anni per essere ottimizzato da James Watt, attingendo allora dimensioni e consumi compatibili con l'istallazione sui veicoli terrestri e navali. Quanto alla macchina di Newcomen si trattava di una colossale pompa nella quale una caldaia produceva il vapore che si faceva espandere in un cilindro verticale munito di stantuffo, che perciò si sollevava, provocando al contempo la discesa di un contrappeso solidale alla sua biella tramite un bilanciere. Giunto lo stantuffo alla sua massima espansione, un getto di acqua fredda era iniettato nel cilindro, determinando così la condensazione del vapore e quindi l'abbassamento dello stantuffo e la risalita del contrappeso. Il ciclo si ripeteva azionando una pompa alternativa.

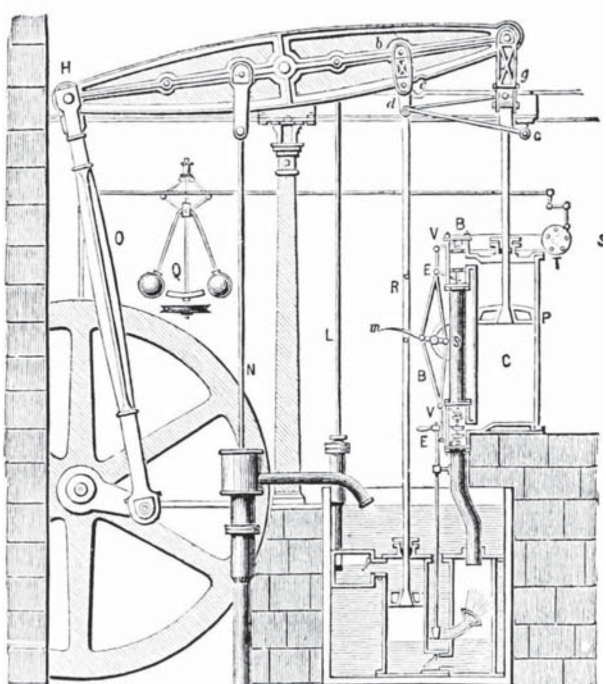
Sopra: *ritratto di James Watt.*
Sotto: *James Eckford Lauder, James Watt e la macchina a vapore, l'alba del XIX secolo, 1855, olio su tela, National Gallery of Scotland, Edimburgo.*

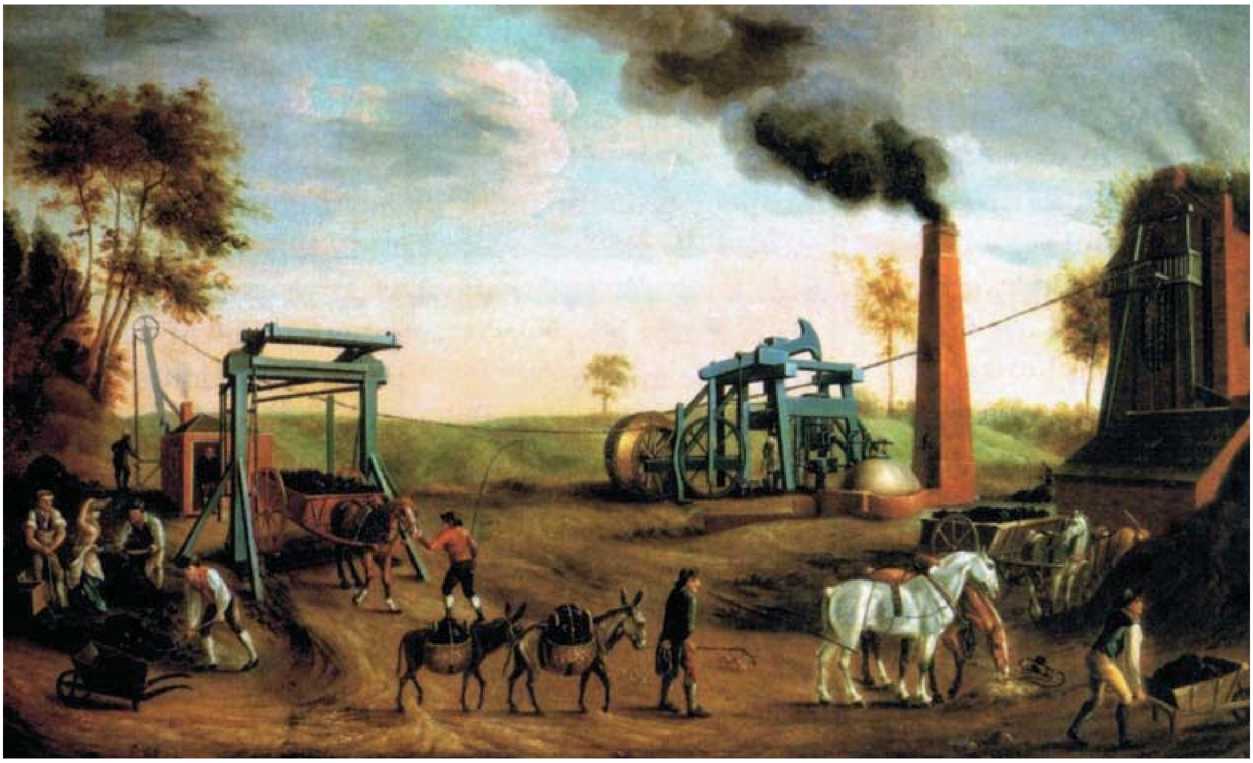
10 Sulla figura professionale e sulle invenzioni di Thomas Newcomen Cfr. T. K. DERRY, T. I. WILLIAMS, *Tecnologia e civiltà occidentale*, Torino 1968., pp. 368 e segg.

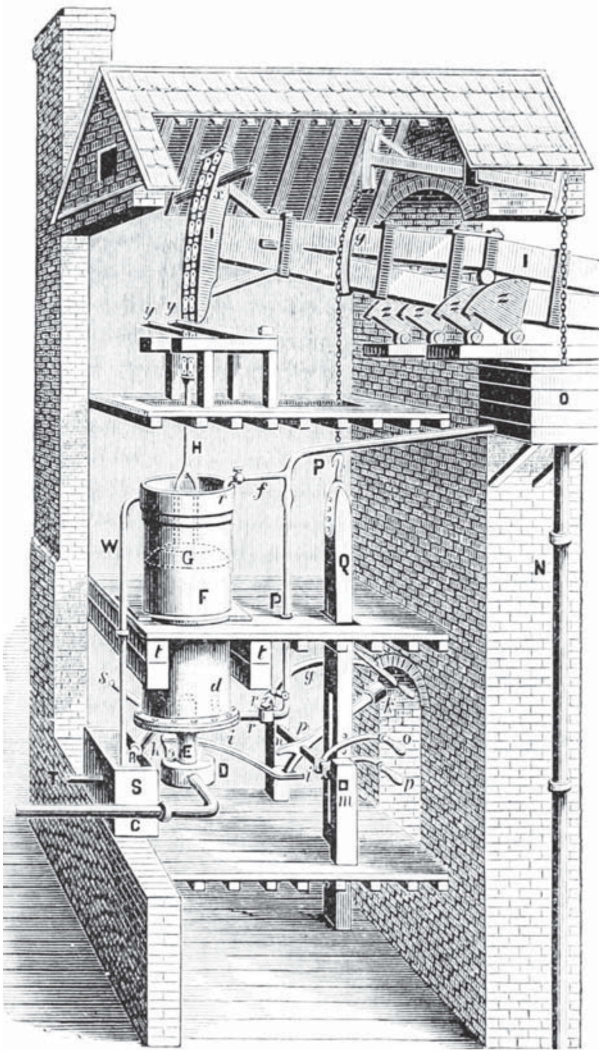


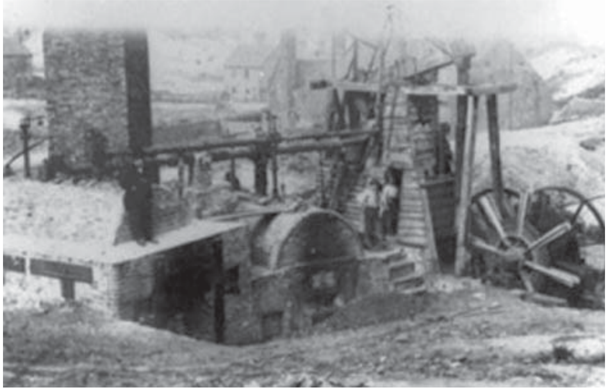


Sopra e sotto : *ricostruzione e sezione di una delle macchine a vapore di James Watt.*
A fianco: *il disegno allegato al brevetto di una delle versioni della macchina a vapore di Watt.*







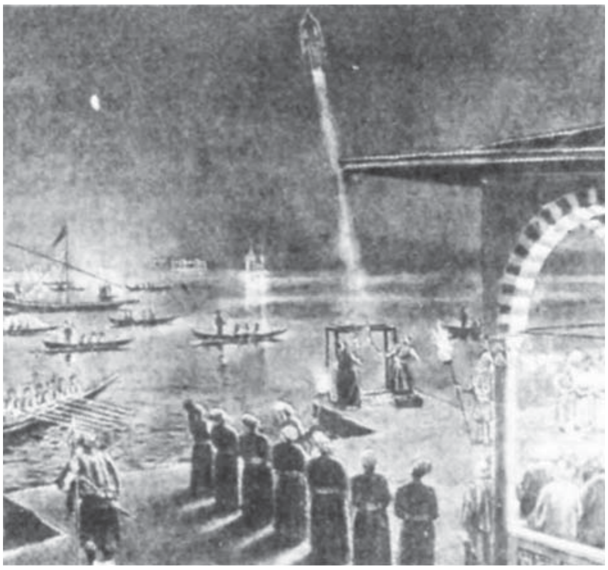


In questa pagina: *la macchina di Newcomen in un quadro, in una sezione e in due rare foto della metà dell'ottocento che ne ritraggono un esemplare ancora in funzione.*

Fuoco per il sollevamento umano

Tra le macchine termiche utilizzate per produrre un lavoro, o più vistosamente lo spostamento di una massa, e quindi a giusta ragione includibili fra i motori termici vi sono i razzi. Risalendo la loro invenzione al Medioevo, sono già stati trattati nel primo e nel secondo volume di questa collana vuoi come semplici fuochi artificiali e poi come armi. Quello, però, che dell'impiego dei razzi può considerarsi una novità dell'Età moderna, non è la velleitaria e puramente utopica applicazione ai veicoli per produrne la corsa o il volo[11], che già ingegneri tardo medievali avevano ipotizzato[12], ma la concreta costruzione di una macchina che spinta da un gruppo di razzi si sollevò realmente con un uomo a bordo.

Quel volo sembra essersi attuato nel 1633, a opera di un temerario turco, forse un pazzo, e la sua esperienza, per alcuni aspetti ricorda un moderno apparecchio a reazione per il sollevamento umano individuale, detto anche zaino-jet. Indossato sulla schiena, con la sua spinta provocata dalla violenta combustione di un propellente, permette ad un uomo di sollevarsi, restando nell'aria una decina di secondi; fu considerato un supporto tattico



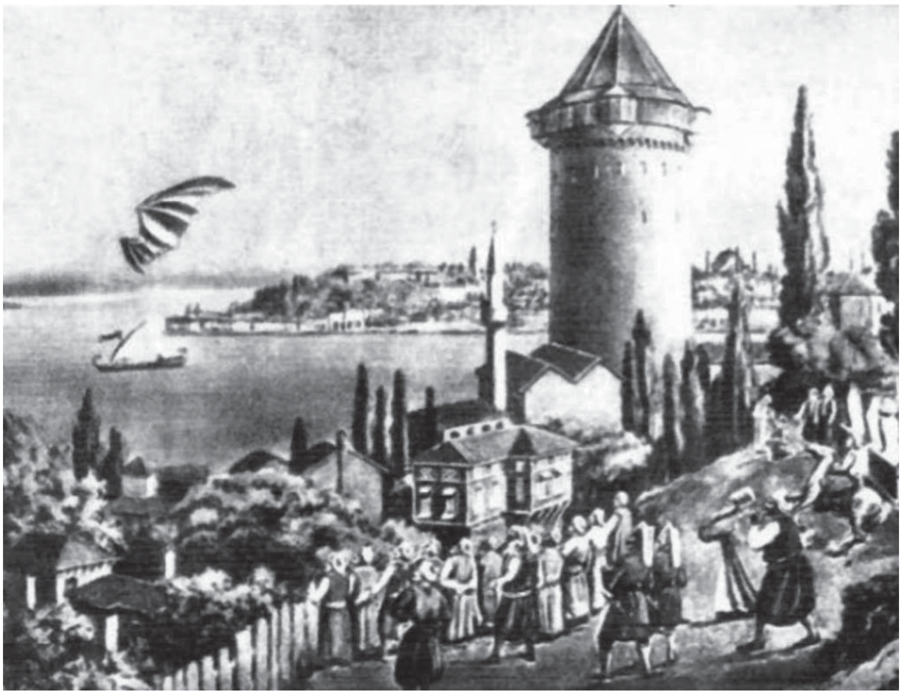
11 In merito cfr. G. FONTANA, *Bellicorum instrumentorum Liber,* e *Secretum de thesauro experimentorum ymaginationis hominum,* in E. BATTISTI, G. SACCARO BATTISTI, *Le macchine cifrate di Giovanni Fontana,* Milano 1984, pp. 125.
12 In merito cfr. F. RUSSO, *Leonardo inventore? L'equivoco di un testimone del passato scambiato per un profeta del futuro,* Napoli 2009, pp. 122-27.

A fianco: *antica stampa che raffigura la capsula propulsa dai razzi a polvere pirica di Lagari Hasan Celebi.*
In basso, a sinistra: *ricostruzione museale della capsula di Lagari Hasan Celebi.*
Sotto: *lo 'zaino jet' in azione.*

interessante, ma per la sua estrema pericolosità non ha avuto un vero utilizzo.

Stando alle fonti disponibili, sulla cui attendibilità tuttavia è lecito nutrire qualche dubbio, tra le quali in particolare le memorie del viaggiatore ottomano Evliya Celebi, 1611-1682[13], relative al biennio 1630-32, il dotto Hezarfen Ahmet Celebi riuscì con delle ali posticce, forse nel loro insieme simili ad un deltaplano o a un parapendio, a superare il Bosforo dopo essersi lanciato dalla Torre di Galata ed effettuata una planata di circa 3 km, ad atterrare illeso. Considerando che l'altezza del punto di partenza era di 62 m, non è improbabile che con condizioni meteo propizie l'impresa sia realmente riuscita. Più controversa, invece, quella del fratello Lagari Hasan Celebi che, come accennato, si proiettò in aria racchiuso in una gabbia, una sorta di capsula conica, grazie alla spinta prodotta dalla esplosione di circa 60 kg di polvere pirica, distribuita in sette razzi propulsori. Il rientro, stando sempre alla stessa fonte, fu in realtà un ammaraggio, reso abbastanza morbido per l'impiego di ali posticce, verosimilmente simili a dei piccoli paracadute. Il sultano ricompensò l'audace con un premio in denaro e con una onorevole ammissione nel suo esercito.

In alto: *ricostruzione museale di Hezarfen Ahmet Celebi mentre si libra con la sua ala posticcia*
Sopra: *probabile traiettoria seguita da Hezarfen Ahmet Celebi sopra il Bosforo in volo planato dalla sommità della torre di Galata.*
Sotto: *il volo raffigurato in una antica stampa turca.*



Il sollevamento del mercurio nel barometro

Che in una ampolla riempita di acqua, e poi capovolta, il livello del liquido si stabilizzasse dopo una iniziale discesa era noto sin dai tempi di Aristotele: non altrettanto però che tale livello fosse influenzato dal pesa dell'aria, che mutando

13 Evliya Celebi, celebre viaggiatore turco, compose un'opera dal titolo *Seyahatname*, che in persiano vuol dire 'libro dei viaggi', in 10 volumi in cui relativamente al biennio 1630-32 si trova l'episodio menzionato.

in base all'umidità ne provocava, per conseguenza, una variazione. Evidenziandone l'escursione tramite una cannula innestata al fondo di un'ampolla chiusa e piena di acqua colorata, si ha un rozzo barometro. La storia della tecnologia ne colloca l'invenzione nel 1641, attribuendola a Giovanni Battista Baliani, 1582-1666[14], già governatore di Savona nel biennio 1647-48 e quindi capitano degli arcieri della Repubblica di Genova, che nutrì sempre un particolare interesse per la ricerca scientifica. Il suo principale trattato, *De motu naturali gravium, fluidorum et solidorum*[15], del 1638 precedette perciò le esperienze pneumatiche che lo por-

Sopra: *il cosiddetto barometro di Goethe, o barometro ad acqua.*
Sotto: *tela raffigurante una riunione dei Padri Pellegrini: in alto a sinistra si scorge un barometro ad acqua sul suo supporto di legno.*

14 Cfr. L. RUSSO, *Flussi e riflussi. Indagine sull'origine di una teoria scientifica*, Milano 2003, pp. 114-117.
15 G. B. BALIANI, *De motu naturali gravium, fluidorum et solidorum,* Genova 1638.

tarono se non all'invenzione al perfezionamento del cosiddetto barometro ad acqua, noto anche come barometro di Goethe, essendosene trovato uno nella stanza in cui il filosofo morì. In realtà quello strumento sembra già esistente da tempo trovandosene menzione persino durante il viaggio dei Padri Pellegrini nel 1620. Di certo anche Evangelista Torricelli, 1608-1647, ne venne a conoscenza e, fermo restando il relativo criterio informatore, intorno al 1643 vi apportò sostanziali perfezionamenti, trasformandolo nel barometro ancora in uso, ritenuto fino al XX secoli quanto di più attendibile vi fosse per la previsione del tempo, anticipazione basilare per la navigazione e per le operazioni militari, non a caso oggi fornita dai bollettini meteo dell'Aeronautica Militare. Sebbene sia deceduto ad appena 39 anni, per aver contratto il tifo, fece in tempo a pubblicare un trattato in tre parti, dal titolo *Opera geometrica*[16].

Dal punto di vista pratico, lo strumento del Torricelli, detto anche 'tubo di Torricelli', consta di una canna di vetro chiusa a una estremità, lunga 1 m e con sezione pari ad 1 cm², riempita con mercurio invece che con acqua. La scelta del mercurio per la sua densità, pari a 13.57 kg/dm³, rendeva possibile uno strumento che qualora riempito d'acqua per fornire le medesime indicazioni avrebbe dovuto essere alto 10.33 m, senza contare che l'acqua nel vuoto tende ad evaporare rapidamente saturandolo, frustrando in tal modo l'attendibilità della lettura. Immersa l'estremità aperta in una vaschetta, piena anch'essa di mercurio, in virtù della rilevante densità del metallo, la colonna in essa contenuta scendeva nella canna fermandosi al livello di 760 mm dalla superficie della vaschetta. Il suo peso, pari a

16 E. TORRICELLI, *Opera geometrica*, Firenze 1644.

In alto, a sinistra: *ritratto di Evangelista Torricelli.*
Sotto: *il barometro di Evangelista Torricelli in stampe coeve.*

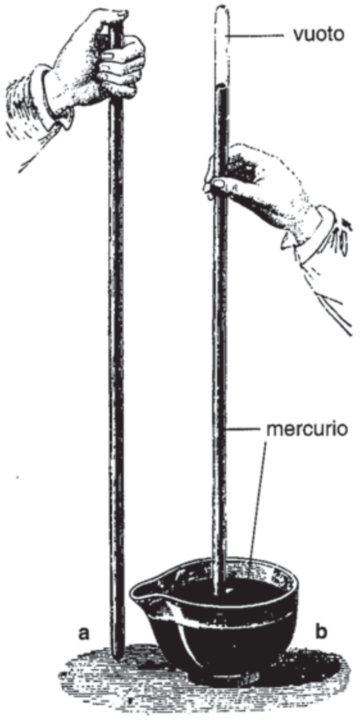


Fig. 275. — Baromètre à cuvette.

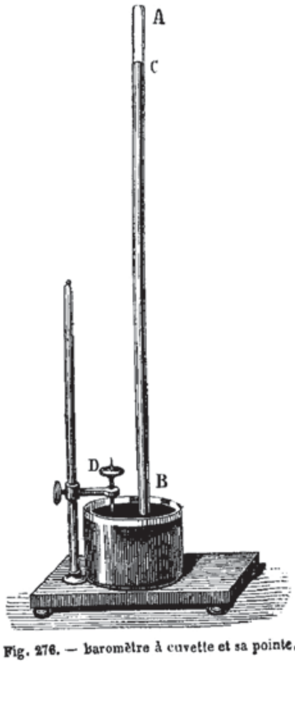
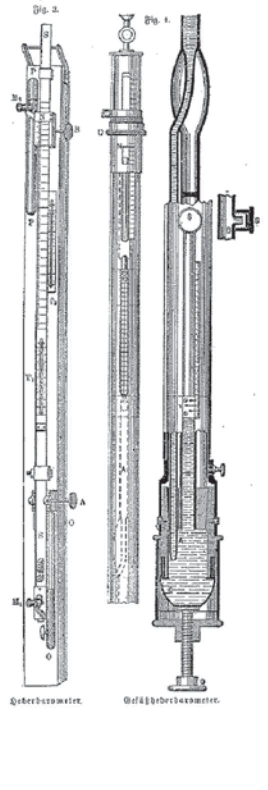


Fig. 276. — baromètre à cuvette et sa pointe.



1033 g, infatti, compensava equiparandolo quello dell'aria esterna per cui, non a caso, a quel valore prossimo ad 1 kg per cm² fu dato il nome di 'atmosfera'. In definitiva in condizioni meteorologiche normali, restavano al di sopra del menisco convesso, formato dalla superficie del mercurio nella canna, normalmente 240 mm di vuoto. Ma dal momento che l'umidità contenuta nell'aria la rende più leggera, la pressione da essa esercitata diminuisce e per conseguenza la colonna di mercurio si abbassa in proporzione al di sotto dei 760 mm, e poiché con l'aria umida arrivano le perturbazioni, allo scendere del mercurio si associò la previsione del cattivo tempo. Quando, invece, si alzava, corrispondendo all'aria secca, lo si associò alla permanenza del bel tempo.

Fortificare

La Trace Italienne

Il cannoneggiamento concentrato, eseguito dalle evolute artiglierie della fine del XV secolo, con le micidiali palle di ferro pose fine alla fortificazione di Età classica nonostante i vistosi potenziamenti ricevuti nel corso del Medioevo, etichettati 'architettura di transizione'[17]. La predominanza dell'offesa fu così sproporzionata che per anni si mise addirittura in discussione la validità della fortificazione permanente! Ma proprio sotto la pressione della necessità difensiva i tecnici italiani, in un paio di decenni, elaborarono i nuovi canoni della fortificazione che sarà dapprima la *trace italienne*[18] e in seguito per tutti il *fronte bastionato.*[19] Canoni destinati a restare immutati per i successivi tre secoli e che, in estrema sintesi, possono ridursi a due: terrapienatura delle opere esposte al fuoco ed eliminazione assoluta dei settori defilati. In pratica una riformulazione della difesa passiva e una riqualificazione, altrettanto radicale, di quella attiva. Circa la genesi del suo criterio informatore può ipotizzarsi desunto dai tanti assedi avvicendatisi nel XIV secolo: non doveva essere sfuggito, infatti, agli ingegneri militari che ridottesi le fortificazioni a un cumulo incoerente di macerie, le palle di cannone quale che ne fosse il diametro e la densità, non riuscivano a spianarle ulteriormente. Quella scarpa di detriti assorbiva passivamente i proietti senza modificare il suo assetto e, soprattutto, senza trasmettere alle sue spalle alcuna sollecitazione. Da puro ingombro di risulta, il mucchio di macerie si era trasformato in un ostacolo insormontabile per qualunque volume di fuoco, per quanto violento potesse essere. L'ostacolo soffice, e la collocazione più bassa e defilata, pertanto, rappresentò la prima auspicata soluzione.

Per usare una terminologia attuale, quel tipo di soluzione potrebbe definirsi ad assorbimento d'urto e presto si evolse nella rivoluzionaria novità della terrapienatura, realizzata colmando di terra al minimo compattamento l'intercapedine tra due muraglie parallele. In aderenza al suo criterio, le fortificazioni non ebbero più cortine e torri con l'estradosso formato di grossi conci di dura pietra, che agli impatti si frantumava proiettando all'intorno una rosa di schegge persino più letali degli stessi

17 Sulla cosiddetta architettura militare di transizione, cfr. F. RUSSO, *Ingegno e paura. Trenta secoli di fortificazioni in Italia*, Roma 2005, vol. II, pp. 221-30.

18 Cfr. W. H. Mc NEILL, *Caccia al potere. Tecnologia, armi, realtà sociale dall'anno Mille,* Varese 1984, pp. 77-78.

19 Per approfondimenti sul fronte bastionato e sulle sue esemplificazioni cfr. F. RUSSO, *Ingegno e paura…*, cit., vol. III, pp. 101-250.

Esempi di fortezze di transizione.
A fianco: *il forte di San Leo in provincia di Rimini.*
Nella pagina a fianco: *la Rocca di Ostia presso Roma e la Rocca Roveresca di Senigallia.*

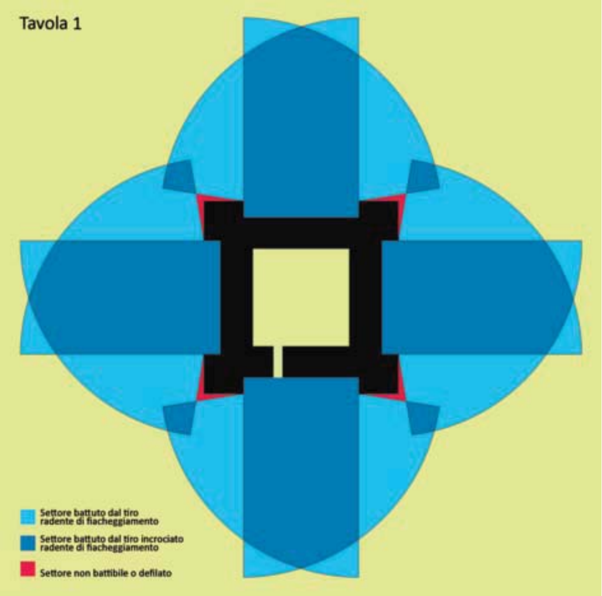
di brandeggio di ciascuna cannoniera bassa partiva dalla direttrice tangente alla superficie del torrione adiacente e si apriva per circa 60°, andandosi a incrociare con il simmetrico settore della cannoniera dell'altra estremità della cortina, coprendo perciò ogni singolo punto del terreno antistante il castello con un micidiale fuoco incrocio.[20] Restavano del tutto esclusi, però, i triangoli che si formavano dinanzi ai torrioni fra due direttrici opposte, defilati perciò ai tiri radenti e di fiancheggiamento. In pianta ricordavano quattro stranissime 'punte di lancia', quattro triangoli con il vertice verso l'esterno, ma altro non erano che la rappresentazione grafica dei tanto deprecati settori defilati. Allo scadere del '400 finalmente si capì, quasi certamente ad opera del Sangallo, che proprio quei triangoli che sfidavano l'intelligenza di tanti ingegneri erano la soluzione del problema! Sarebbe bastato erigere i baluardi angolari non più secondo una pianta circolare o poligonale, come fino ad allora si era verificato, ma a 'punta di lancia', a 'cuneo', per veder dissolversi qualsiasi angolo morto, qualsiasi settore defilato. Nacque così il bastione moderno, la cui adozione consentì da quel momento in poi il fiancheggiamento totale della fortificazione, a patto ovviamente che questa fosse insediata su di un'area pianeggiante, poiché in caso contrario si sarebbe inevitabilmente tornati al tiro ficcante non potendosi dirigere le traiettorie balistiche radenti il terreno. Facilissimo costruirlo,

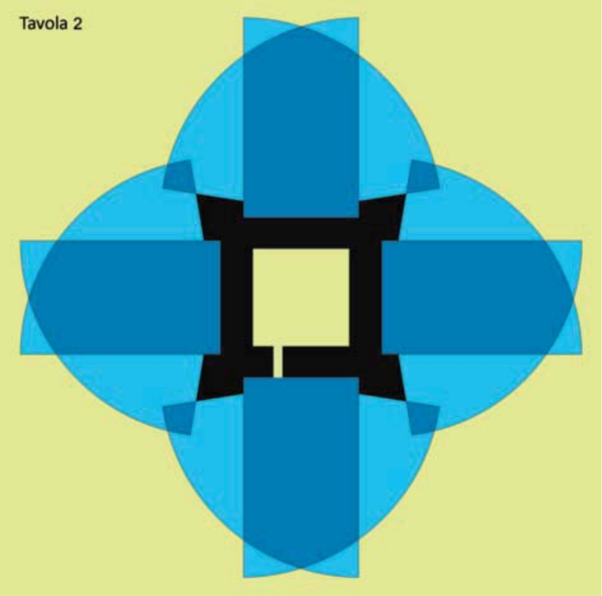
proietti, ma costituito da una sottile muratura di mattoni, o di tufo, alle spalle della quale vi era la soffice terra di riporto il cui spessore, fino alla muratura interna, poteva raggiungere la decina di metri. Le palle di cannone penetravano facilmente l'estradosso ma si arrestavano inerti in quel morbido ostacolo, senza produrre altri danni che il piccolo foro di entrata. Qualcosa di molto simile in formato gigante ai sacchetti di sabbia intorno ai nidi di mitragliatrici!

Circa l'altra innovazione che eliminò ogni angolo morto, propriamente definito settore defilato, la si può comprendere partendo da un castello tipo della transizione, un recinto quadrato, costituito da quattro cortine diritte fra loro perpendicolari e da quattro torrioni cilindrici piazzati ai loro spigoli, con le cannoniere basse collocate negli innesti tra i secondi e le prime. Il settore

20 Circa il 'settore defilato' cfr. F. RUSSO, *La difesa perfetta,* in MEDIOEVO n°159, aprile 2011, pp. 74-79.

In alto: *macerie antistanti un segmento crollato delle Mura Aureliane di Roma: i detriti formano un ostacolo passivo che neutralizza gli impatti balistici non esplosivi.*
A fianco: *Attuale postazione per armi leggere protetta con sacchi di sabbia.*



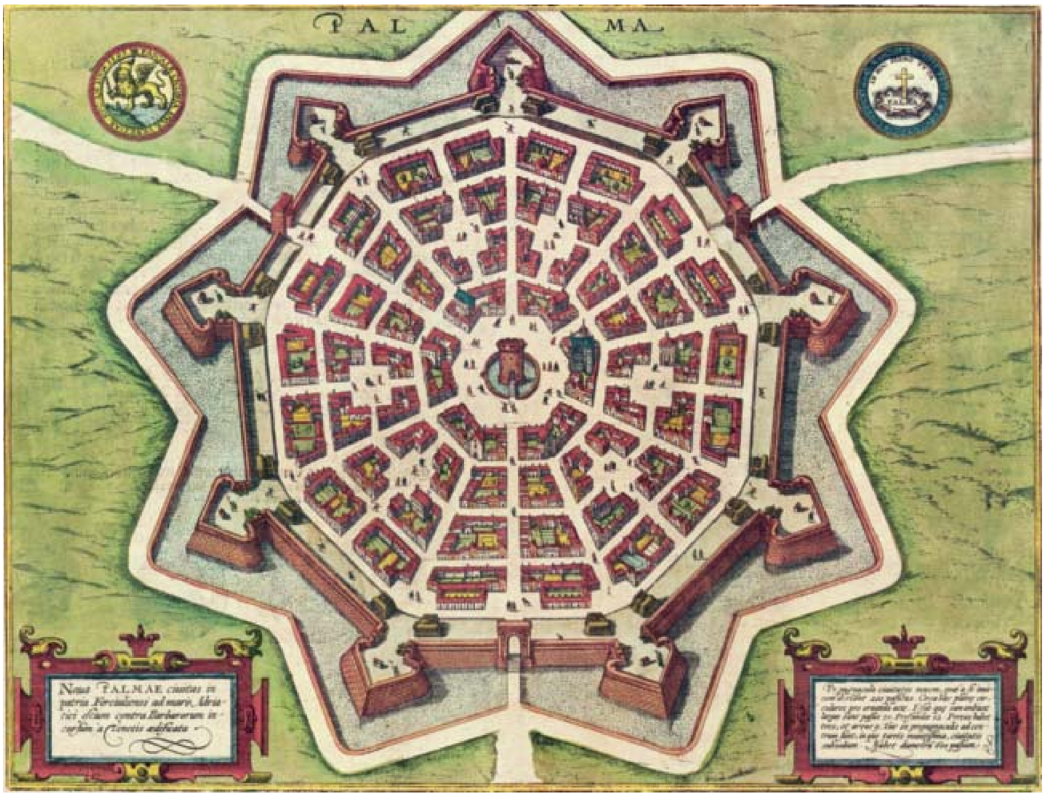


In alto: *tavola 1, schema tipo di castello a quattro torri quadrate, con (in rosso) i relativi settori defilati; tavola 2, schema di un moderno forte bastionato nel quale, di fatto, si annullano i settori defilati.*
Sopra: *raffigurazione artistica di un bastione moderno protetto da un fossato allagato. Disegno di Viollet le Duc.*

bastando due lunghe pareti convergenti: se poi fra di loro si fosse ammassata la terra tratta dallo scavo dei fossati, che nella nuova architettura militare ostentavano ampiezze enormi per mantenere il più lontano possibile le artiglierie d'assedio, l'opera sarebbe risultata ideale per la difesa ed invulnerabile per l'offesa.

L'applicazione di entrambi i criteri a un'unica struttura non si fece attendere: in pochissimi anni debuttarono infatti le fortificazioni bastionate e terrapienate contro le quali le artiglierie d'assedio quasi nulla potevano e dalle cui batterie, invece, occorreva tenersi a debita distanza. Con tali adeguamenti rivoluzionari, l'architettura militare recuperò totalmente il suo ruolo di garante e la difesa la sua prevalenza sull'offesa. Il costo però di siffatte strutture si rivelò altrettanto rapidamente colossale: in molti casi, allora, si dovette limitarne l'adozione alle sezioni più vulnerabili e più esposte agli attacchi nemici. In altri si optò per una costruzione progressiva di un bastione per volta, dilazionandone la realizzazione ed i relativi oneri nel tempo.

Nel corso del XIX secolo fu ampiamente dibattuta tra gli storici dell'architettura militare l'esatta collocazione cronologica e geografica di quei rivoluzionari criteri difensivi e più ancora la loro più attendibile paternità. Per molte osservazioni, tuttavia, risulta scarsamente plausibile che si trattò di una invenzione individuale, optandosi per un affinamento accelerato e concomitante, tramite similari intuizioni, di diversi progettisti e fra questi, in particolare, di Antonio da Sangallo, forse il primo a impiegarli in maniera compiuta. Di certo il bastione assunse inconfondibile espressione proprio allo spirare del '400 e l'assunse in Italia a Nettuno, archetipo di tutte le centinaia di forti similari che da allora si erigeranno nel mondo, persino in America, fino al XIX secolo.


PAL
MA

Nella pagina a fianco, sopra: *raffigurazione zenitale della città bastionata di Palmanova.*
Nella pagina a fianco, sotto: *foto zenitale di Palmanova.*

Sopra: *foto dall'alto del forte di Nettuno.*
Sotto: *scorcio del forte dalla spiaggia.*

La difesa anticorsara continua

La piaga della pirateria prima e della similare guerra di corsa poi, nel Mediterraneo ha origini coeve alla stessa navigazione commerciale, ma esplose in tutta la sua terribile virulenza dopo la prima espansione islamica successiva alla morte di Maometto nel 632 e, soprattutto, dopo la cacciata dei Mori dalla Spagna nel 1492. Da quel momento le coste dei diversi viceregni che costituivano l'impero spagnolo, primi fra tutti quelli di Napoli, di Sicilia e di Sardegna divennero l'antemurale avanzato della corona asburgica, sul quale si andavano ad abbattere con micidiale frequenze le razzie dei corsari turco barbareschi quando addirittura della stessa flotta da guerra ottomana. Trattandosi di incursioni insidiose, e quindi per loro natura imprevedibili sia geograficamente che cronologicamente, la protezione degli abitati rivieraschi, della navigazione costiera, delle attività litoranee e del commercio in genere, suggerì un'unica soluzione: costruire una catena di torri d'artiglieria, dislocate nei punti tatticamente significativi per frustrare le iniziative corsare, lungo l'intero perimetro costiero. Per il regno di Napoli significò circa 2000 km da presidiare con oltre 400 torri e una ventina di piazzeforti marittime; per quello di Sicilia un perimetro di circa 1500 km e per quello di Sardegna di circa 1700 km.[21]

Molti autorevoli storici hanno sempre sostenuta la tesi che una più efficace difesa anticorsara si sarebbe potuta, e dovuta, effettuare sul mare, intercettando le imbarcazioni corsare prima che riuscissero a compiere le loro incursioni. Una nutrita flotta di unità da guerra, pertanto, pattugliando le frontiere marittime dei vari stati preunitari, sorvegliando le rotte e magari attaccando i covi corsari avrebbe dapprima annientato le incursioni e quindi estirpato il crimine stesso. Gli eventi di questi ultimi anni, che vedono impegnate numerose navi da guerra contro gli scalcinati pirati del Corno d'Africa, con esiti spesso deludenti ad onta della disparità delle forze e delle tecnologie contrapposte, dimostrano quanto velleitario sia stato quel semplicistico ragionamento. Giustamente osservava, nel 1798, il comandante in capo della Marina da Guerra Napoletana Bartolomeo Forteguerri, 1751-1809, certamente competente in materia più di un qualsiasi moderno studioso, che:

in idea generica non si crede di alcuna utilità un

21 Sull'argomento cfr. F. RUSSO, *La difesa costiera del Regno di Napoli dal XVI al XIX secolo,* Roma 1989; dello stesso autore, *La difesa costiera del Regno di Sardegna dal XVI al XIX secolo,* Roma 1992; ed ancora, *La difesa costiera del Regno di Sicilia dal XVI secolo al XIX,* Roma 1994; e poi, *La difesa costiera dello Stato Pontificio dal XVI al XIX secolo,* Roma 1999; infine, *La difesa costiera dello Stato dei reali Presidi di Toscana dal XVI al XIX secolo,* Roma 2002.

A fianco: *foto satellitare con evidenziato il 42° di latitudine, limite al di sotto del quale si abbatté il 90% delle incursioni barbaresche.*

corso di Legni da Guerra sciolti, che vadano nella vastità dei Mari cercando i Corsari nemici, essendo riflessione dolorosa, ma vera, che i Corsari Barbareschi preparati per una scappata di pochi giorni hanno un cammino molto superiore; onde in tutte le cacce contro i medesimi nella proporzione di dieci, uno sarà predato dai nostri Legni, e nove sono solamente scacciati da un luogo all'altro, e se non possono fare prede dentro il limitato Orizzonte del Legno da Guerra, che gli ha scoperti, e inutilmente inseguiti, passano in poche ore a fare prede in mille altri punti inosservati e soli...[22]

La difesa costiera terrestre continua proprio per i suoi immensi sviluppi, e quindi costi, è da sempre funzione di un preciso progetto d'intenti, con rigidi parametri da soddisfare. Di essi senza dubbio condizionante è quello del tempo di resistenza in opposizione ad un ben determinato nemico, che essendo tradizionalmente noto è altrettanto abitualmente definito nelle sue potenzialità offensive. Indubbiamente la consapevolezza della superiorità della propria ingegneria militare fece preferire agli Spagnoli la condotta difensiva a quella offensiva. E se interessi strategici obbligavano le armate ottomane a cimentarsi contro le fortificazioni occidentali con investimenti ossidionali, puntualmente risoltisi in altrettante loro ecatombi, persino quando coronati da successo, nessuna ragione spingeva i corsari barbareschi a seguirne l'esempio. Per cui evitarono accuratamente ogni contatto persino con le opere più elementari quali appunto le torri, dalla cui reazione balistica avevano tutto da perdere e dalla cui conquista nulla da guadagnare. L'avvento di un'artiglieria moderna, leggera ed efficace rese perciò finalmente attuabile quello che inutilmente si andava elucubrando da tempo: la chiusura balistica dell'intera frontiera marittima con l'impianto scaglionato di piccole postazioni di artiglieria.

Prima della metà del '500 ipotizzare torri in grado di battere con i loro cannoni lo specchio di mare antistante, in tempo utile e con tiro mirato efficace, appariva mera utopia. Le coeve bombarde, pesantissime e di infima cadenza di fuoco, non consentivano alcuna illusione al riguardo: tirare alle imbarcazioni, certamente fragili, ma altrettanto certamente sfuggenti esulava dalle loro potenzialità. I rari torrioni appositamente eretti ostentavano dimensioni colossali, veri castelli sul mare, ma dalle potenzialità ridicole. Ben diverse le caratteristiche e le prestazioni delle artiglierie navali elaborate appena pochi decenni dopo, a cominciare dai loro agili affusti a quattro rotelle, a cassa, che possono così sintetizzarsi:

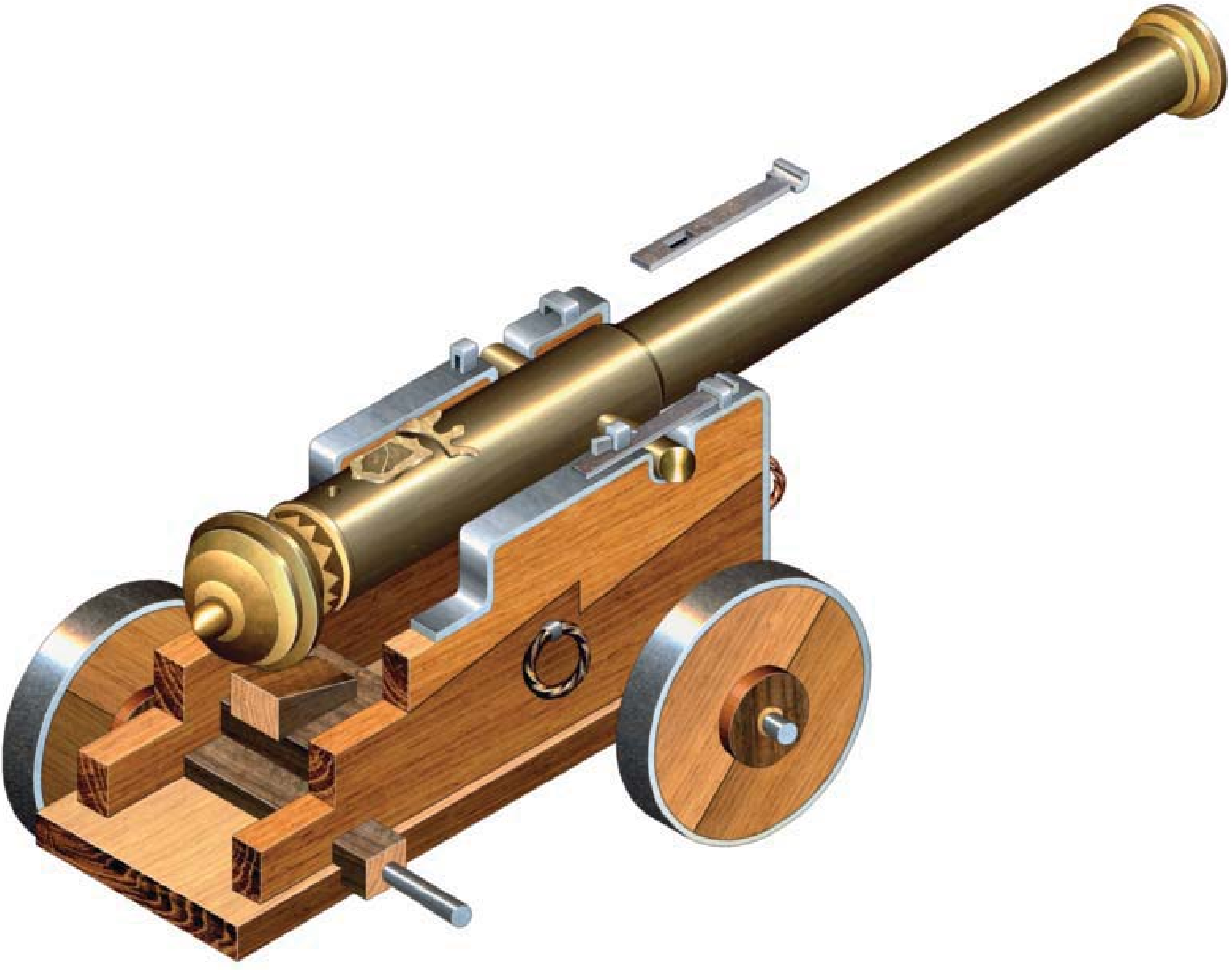
1ª *Calibro modesto, essendo inutili grandi energie cinetiche residue per la fragilità dei bersagli.*
2ª *Minimo peso del pezzo e quindi di facile manovra e di contenuto costo.*
3ª *Grande celerità di brandeggio, ovvero ampia mobilità rotatoria del pezzo per seguire lo spostamento dei bersagli.*
4ª *Notevole celerità di caricamento e di punteria, anche con soli due serventi, e quindi alta cadenza di fuoco.*
5ª *Minimo consumo di munizioni, requisito che oltre ad abbattere i tempi di attivazione ed i costi di gestione aumentava l'autonomia del caposaldo.*
6ª *Estrema contrazione delle dimensioni delle piazzole di tiro, definite architettonicamente 'piazze'.*
7ª *Minime sollecitazioni di reazione e quindi strutture di supporto, nella fattispecie torri più leggere e semplici.*

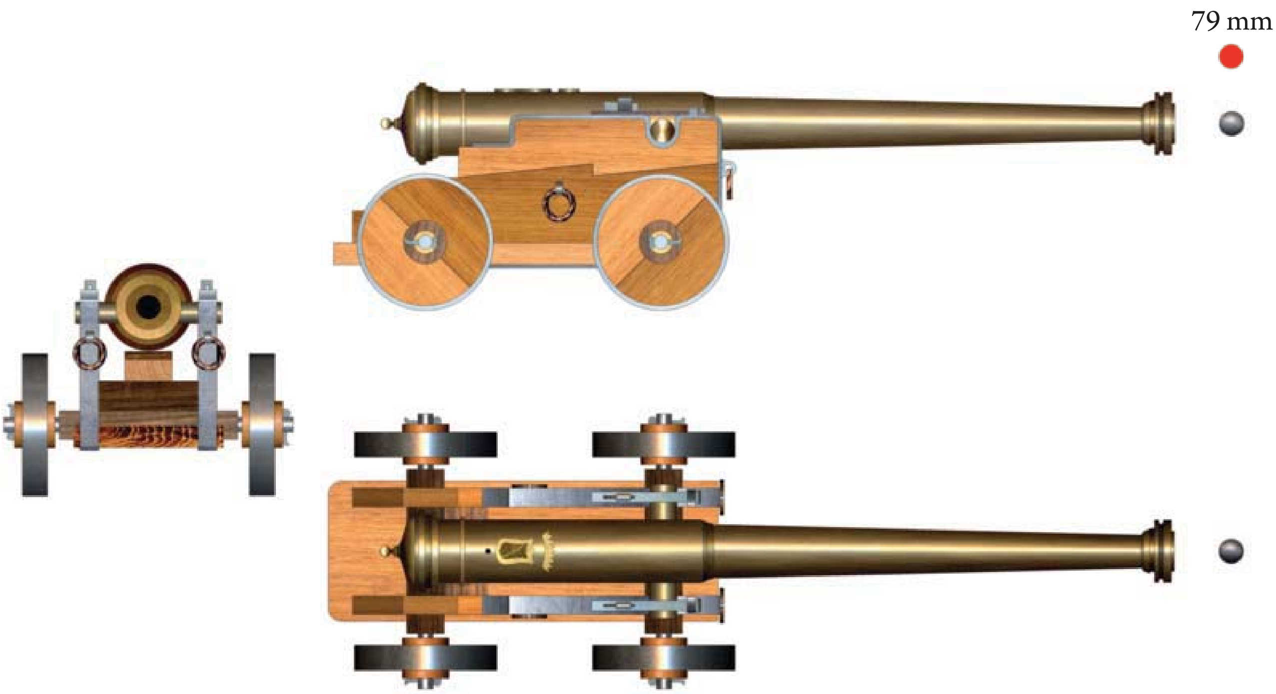
L'elaborazione di una torre per artiglieria radicalmente innovativa, supponeva la disponibilità di cannoni radicalmente innovativi, cioè di bocche da fuoco nettamente diverse per conformazione, caratteristiche tecnologiche, modalità d'impiego e potenzialità distruttive, dalle arcaiche bombarde. E intorno alla metà del '500 pezzi del genere, come accennato, non solo esistevano ma si erano già specializzati in funzione del precipuo impiego in ambito navale. In particolare i calibri minori, ma non per questo meno devastanti, sembravano ideali allo scopo. Pochi serventi bastavano al loro maneggio, poca la quantità di polvere necessaria, minimo lo spazio di rinculo: del resto tirare contro bersagli di legno mobili non richiedeva enormi energie cinetiche residue ma, soltanto, grande celerità di manovra. Non implicavano, inoltre, rilevanti esperienze balistiche: basti pensare che per mirare si traguardava sopra la canna, esattamente come in un attuale fucile da caccia! Sotto tutti gli aspetti ottimi per armare torri costiere di contenute dimensioni e di ancor più contenuta guarnigione.

L'adozione di pezzi di piccolo calibro per respingere le unità corsare potrebbe a prima vista sembrare una marchiana incongruenza.[23] Quale danno, infatti, poteva arrecare una palla di ferro grande come un

22 Da B. FORTEGUERRI, *Proposta di campagna marittima, per i Bastimenti della Marina da Guerra di S.M. il Re delle Sicilie*, Napoli 1798, pp. 1 e segg.

23 In merito cfr. F. RUSSO, *Le torri costiere del Regno di Napoli. La frontiera marittima e le incursioni corsare tra il XVI secolo ed il XIX secolo*, Napoli 2009, pp. 142-158.

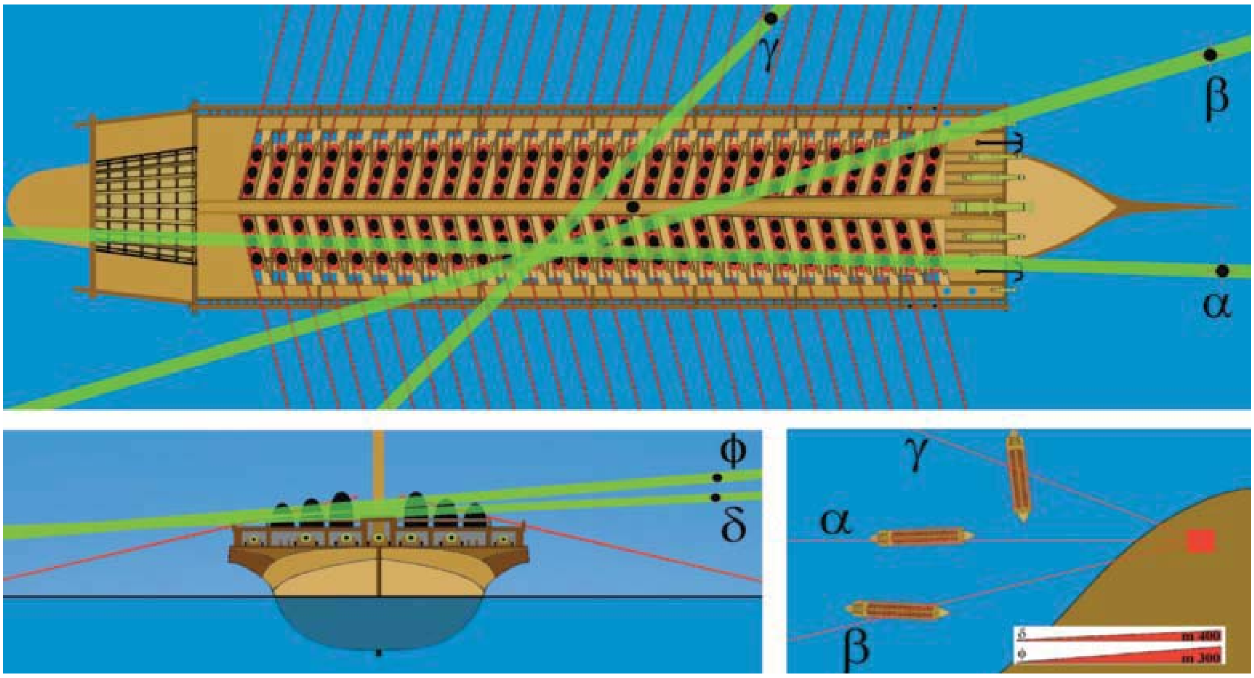


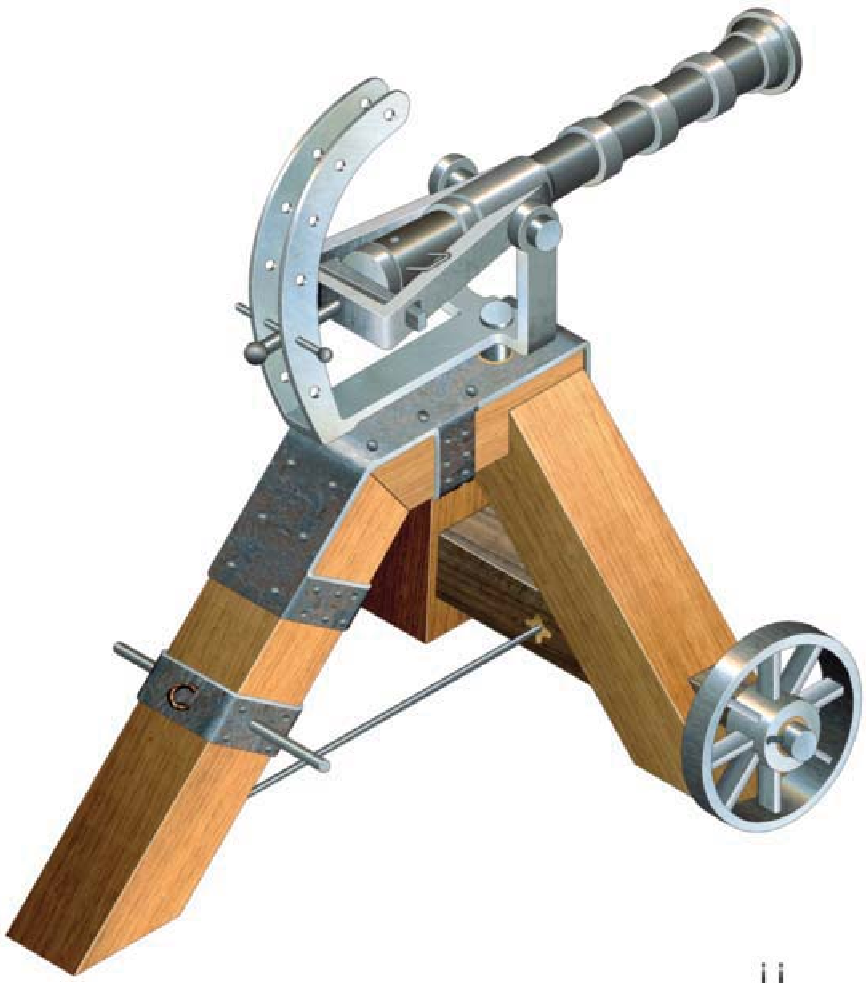

79 mm

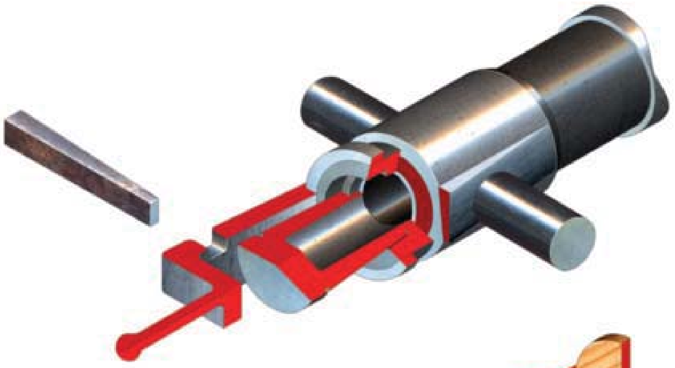
Sopra: *ricostruzione museale del ponte di voga di una galera del XVI-XVII secolo: ben evidente il costipamento 'a folla compatta' della ciurma ai remi.*
Nella pagina a fianco: *ricostruzione virtuale di un cannone navale a canna prolungata, del tipo in dotazione alle torri, su affusto navale a cassa.*
Sotto: *grafico sulle traiettorie dei colpi di artiglieria, in verde, di una torre diretti al ponte di voga di una galera, sia quando radenti che quando lievemente inclinati, secondo le sue tre probabili posizioni di atterraggio rispetto alla torre, in rosso.*

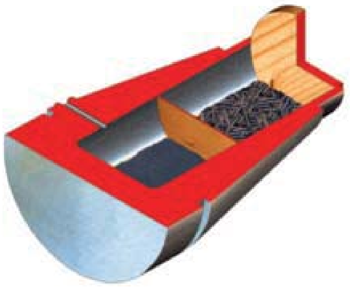
arancio a uno scafo di oltre cinquanta metri sia pure di legno? Occorre però considerare che essendo le imbarcazioni corsare, esattamente come le galere, propulse a remi, sul loro unico ponte si costipavano centinaia di schiavi, per cui una solitaria palla che vi fosse pervenuta con traiettoria radente ne avrebbe dilaniato molti. A quel punto, compromessa la sincronia di voga, decurtata la velocità e svanita l'insidia, sfuggire alle unità della guardia o ad altri colpi, diveniva per i razziatori estremamente difficile. Senza contare che l'obbedienza della ciurma, estorta col terrore dello scudiscio, svaniva col terrore del cannone, innescando disperate ribellioni che imponevano nella migliore delle ipotesi l'interruzione dell'azione.

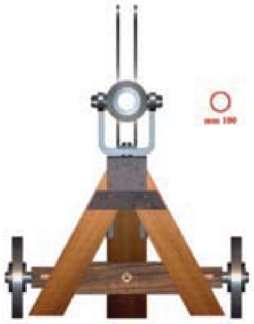
Sebbene efficacissimi a battere ogni tipo d'imbarcazione, cioè in fazione offensiva, i cannoni navali di qualsiasi calibro risultavano assolutamente inutili per il tiro ravvicinato, cioè in fazione difensiva. In poche parole quand'anche schierati sulla piazza di

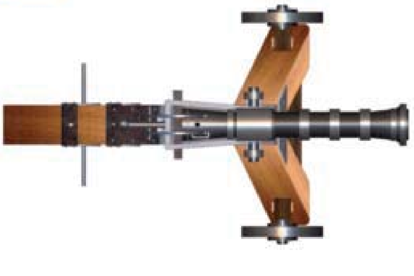






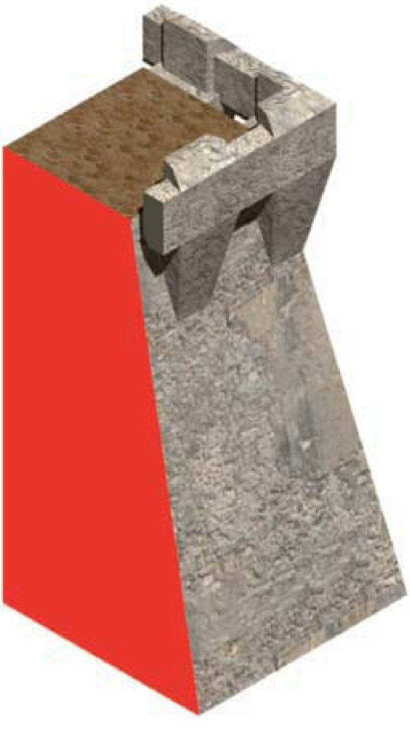
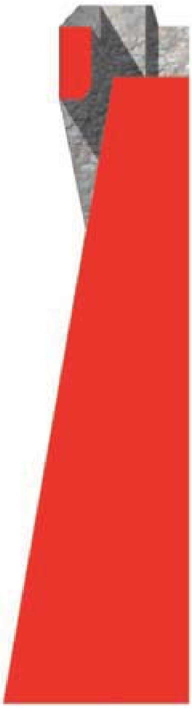






In questa pagina: *ricostruzione virtuale del cannoncino petriero, in dotazione alle torri, e suo sistema di retrocarica.*
Nella pagina a fianco, in alto: *cannoni petrieri a braga esposti con la forcella su di una trave: nel dettaglio un loro otturatore.*
Nella pagina a fianco, al centro e in basso: *ricostruzione virtuale delle troniere verticali di una torre vicereale napoletana.*

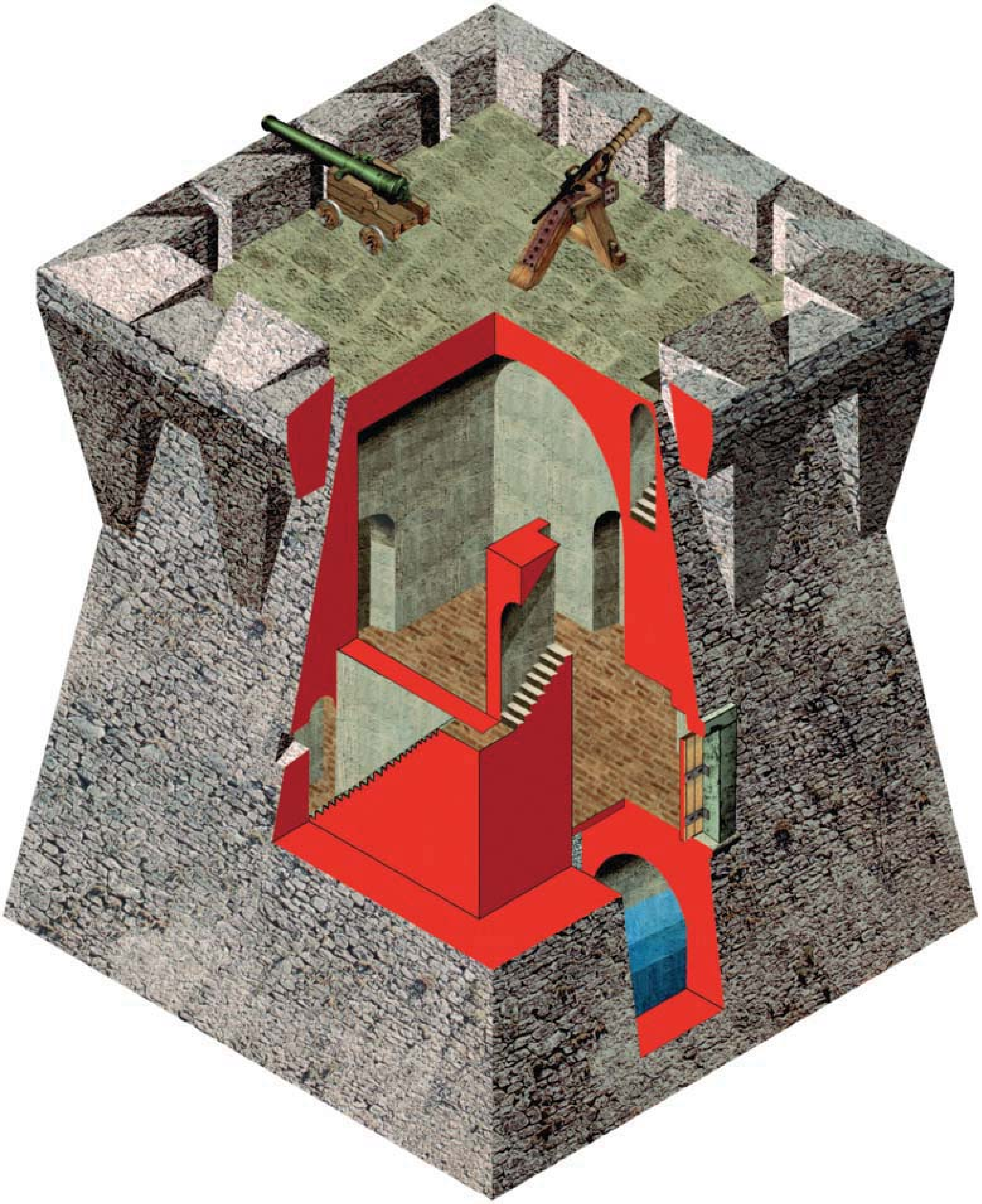
torre quei cannoni non servivano a nulla in caso di assalto alla stessa, evento che per risaputa esperienza costituiva spesso il prodromo di un'incursione. La grave deficienza fu risolta con un secondo pezzo, paradossalmente una delle più vetuste e rudimentali bocche da fuoco: il petriero. Già il nome mutuato da una catapulta medievale ne evidenzia l'arcaicità: si trattava, infatti, di una sorta di tubo di ferro forgiato, alla cui estremità posteriore veniva incastrato un otturatore, bloccandolo con una braga. Il termine otturatore per la verità è alquanto anacronistico, trattandosi di una sorta di boccale da birra, contenente al suo interno sia la polvere che il proietto, per lo più schegge di pietre o di metallo tenute ferme da un tenero diaframma di legno. Al momento dello sparo, fragorosissimo, il petriero eruttava perciò una micidiale rosata, mortifera in un raggio di una cinquantina di metri, simile quindi a una gigantesca lupara. Considerando, infine, che ogni petriero disponeva abitualmente di almeno tre otturatori ricaricabili anticipatamente e che poteva tirare verso il basso, quasi in verticale, è facile immaginare la fine riservata agli incauti assalitori dalle sue sventagliate. Ovviamente a condizione che la fortificazione disponesse di idonee cannoniere verticali, ricavate magari al di sotto di quelle orizzontali che scandivano il parapetto.

Ad una catena di torri, contiguamente intervisibili, concepite per l'impiego di artiglierie leggere, di tipo navale, ciascuna presidiata da due o tre uomini, si delegò a partire dal 1563 la difesa anticorsara, definita nella dizione dell'epoca *torreggiamento*. Entro la fine dello stesso secoli, i tre Regni anzidetti, lo Stato Pontificio e quello dei Presidi avevano tutti in servizio un loro torreggiamento per un totale operativo di oltre un migliaio di torri. Il loro intervento balistico e di allarme, ottico ed acustico, contenne per circa tre secoli gli insulti corsari turco-barbareschi finalizzati alla presa di inermi abitanti e di pacifici mercantili.[24] Il criterio di difesa costiera imperniata su diverse centinaia di torri dotate di adeguate artiglierie, suscitò diffusi consensi per i suoi relativamente modesti oneri, economici ed umani, nonché per la sua intuibile affidabilità. Certamente molte torri non ebbero per anni e a volte addirittura mai, l'opportu-

24 Per approfondimenti sull'argomento cfr. F. RUSSO, *Guerra di corsa*, Roma 1997, tomo I e II.

Nelle pagine precedenti: *torri anticorsare vicereali di Erchie, Maiori e Crestarella, Vietri, sulla costa di Amalfi.*
In alto: *torre di Barì, nei pressi di Bari Sardo, Ogliastra, tipica torre costiera vicereale del Regno di Sardegna.*
A fianco: *torre Olivella, San Felice al Circeo, Latina, tipico esempio di torre dello Stato Pontificio.*
Nella pagina a fianco: *torre Manfria, Gela, tipico esempio di torre siciliana.*



nità di tirare motivatamente un unico colpo di cannone a palla, ma potrebbe essere tale apparente inutilità l'apice della loro validità, avendo costretto ancor prima di sparare i corsari a non accostarsi! Un lampante esempio del ben noto aforisma di ostentare la forza per non doverla usare, piuttosto che un'ennesima conferma, sempre azzardata, di ubicazione superflua. Del resto non mancano alcune autorevoli testimonianze coeve, come quella di Gabrio Serbelloni, secondo le quali la sola loro presenza riusciva ad incutere un salutare rispetto nei barbareschi:

> *...perché il Corsale come riconosce un luogo, dove egli possa essere offeso non s'assicura d'accostarsi così liberamente come farebbe*

In alto: *torre del Buronaccio, Capalbio, Grosseto, tipico esempio di torre dello Stato dei Presidi.*
Nella pagina a fianco: *spaccato assonometrico di torre vicereale napoletana di tipo medio, a tre troniere.*
In basso: *Colonna Traiana: ponte di Apollodoro sul Danubio.*

> *sapendo non esserci chi potrebbe offenderlo...* [e se] *il Corsale sente odore de arteglieria non s'assicura à quanto potria sentir lo strepito perché s'ha immaginare, ch'l Corsale sempre và per guadagnare al sicuro, et dove egli ha niente di disavantaggio cerca ogni sua sicurtà salvarsi... Il Corsale non si metterà... dove riconosca riuscirne con perdita certa e guadagno dubbio...*[25]

Ad ogni buon conto allontanare i corsari a cannonate o non farli avvicinare per paura di esse, furono le finalità per le quali si sostennero gli immensi sforzi umani, materiali, tecnici ed architettonici per la realizzazione della difesa anticorsara tramite catene di torri armate.

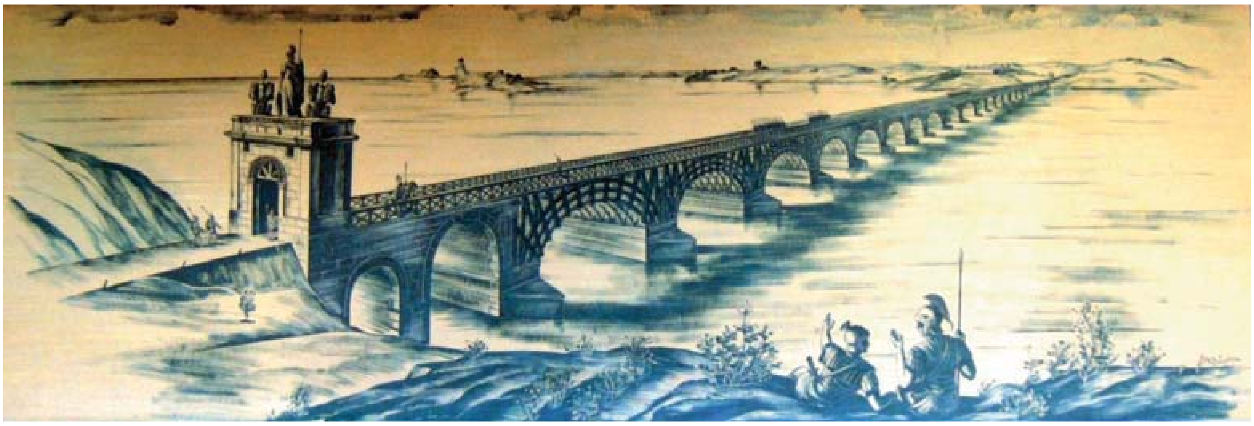
25 La citazione è tratta da F. RUSSO, *La difesa costiera del Regno di Sicilia…*, cit., tomo II, p. 326.

Costruire

Ponti sospesi

In età classica furono costruite quasi tutte le tipologie di ponti: a travata di pietre, a travata di legno, a travata reticolare di legno, mobili di legno, ad arco in muratura, galleggiante su otri, galleggiante su imbarcazioni, ponti-acquedotti e ponti canale, ed altri ancora eccezion fatta per quelli in ferro e per quelli sospesi. Quest'ultima soluzione, detta anche ponte strallato[26], abbastanza frequente in Oriente, al punto che tra gli archetipi può annoverarsi il cosiddetto ponte tibetano, ottenuto su funi, non ebbe in Occidente alcuna adozione e forse neppure notorietà. Dal punto di vista tecnico un ponte sospeso, è un ponte nel quale l'impalcato, cioè l'insieme di elementi orizzontali sui quali si transita, è sostenuto da cavi, nel passato costituiti rispettivamente da tavoloni e funi vegetali. I tipi più antichi contavano soltanto due grosse liane che tese parallelamente fra opposte rive sostenevano i travicelli dell'impalcato, assumendo la forma di una catenaria. In seguito si aggiunsero altre due funi, più alte, sostenute da opposte torri, collegate alle prime da una serie di tiranti verticali: le funi inferiori divenivano

26 Per un approccio all'argomento cfr. E. DENISON, I. STEWART, *Leggere i ponti*, Cina 2012, pp. 58-63.



In alto: *ricostruzione del ponte di barche raffigurato sulla Colonna Traiana.*
Sopra: *due esempi di ponte tibetano.*

così perfettamente orizzontali mentre le superiori assumevano una catenaria ancora più concava. Col tempo, alle funi vegetali si sostituirono le catene di ferro e poi i cavi d'acciaio, ma il criterio informatore restò immutato, riservando la tipologia più semplice, a fune, al solo impiego di circostanza, o militare.

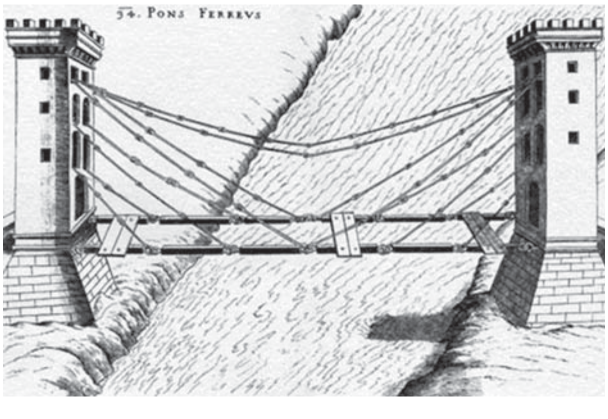
Tra i primi a teorizzare il ponte sospeso, sia nella versione a catene di ferro che a funi di canapa, spicca Fausto Veranzio, 1551-1617, per il quale il secondo tipo è più idoneo all'uso militare non a caso definito portatile per la semplicità di spiegamento, la facilità di trasporto e la potenzialità di coprire ampie luci senza piloni intermedi. Noto come umanista, filosofo e storico, visse sotto la Repubblica di Venezia ed abbracciò la carriera ecclesiastica divenendo vescovo, senza rinunciare per questo a coltivare la sua predisposizione tecnica raccogliendo quanto andava inventando in un trattato superbamente illustrato dal titolo: *Machinae novae, addita declamazione Latina, Italica, Gallica, Hispanica et Germani-*

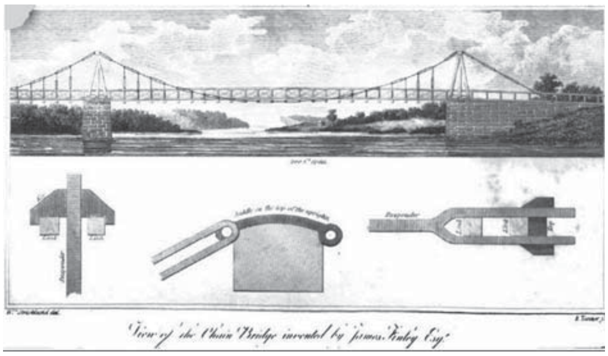
ca,[27] che gli valse la rinomanza nel settore della meccanica. In esso sono descritti entrambi i ponti sospesi, a catene di ferro ed a corde di canapa. Queste le sue parole:

> Ponte di Ferro
> *Questo Ponte noi chiamiamo di Ferro, perciocché egli pende nel mezo del due Torri, poste ne l'una, è*

27 F. VERANZIO, *Machinae novae, addita declamazione Latina, Italica, Gallica, Hispanica et Germanica,* Venezia 1565.

In alto: *ritratto di Fausto Veranzio.*
Sotto: *ponte strallato di ferro.*
In alto, sulla destra: *progetto del primo ponte sospeso su catene.*





> *l'altra ripa d'un Fiume, sospeso da molte catene di Ferro, e le Torri ha verranno le sue porte, per dare ò prohibire il passo à li viandanti.*
>
> Ponte di Canapa
> *Questo Ponte depende da due, ò più Gomene grosse, legate a due travi drizzati in alto, da l'una e l'altra ripa, ma acciò ch'egli stia dritto, e non si pieghi troppo, dal peso dei passeggieri, si potranno tirare, e ralentare quando e come si vuole, quelle corde, quali pendono da le gomene. Questo ponte è portatile e perciò commodo per li eserciti.*[28]

Per vederne una concreta realizzazione bisognerà attendere il 1802 quando ne sarà costruito uno sul Jacob's Creek Pennsylvania.

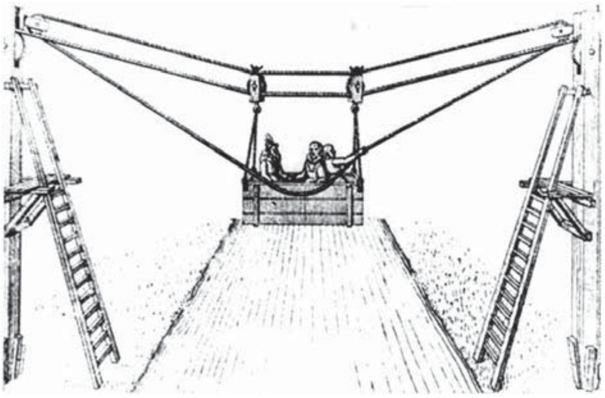
Funivie, teleferiche, palorci e piani inclinati

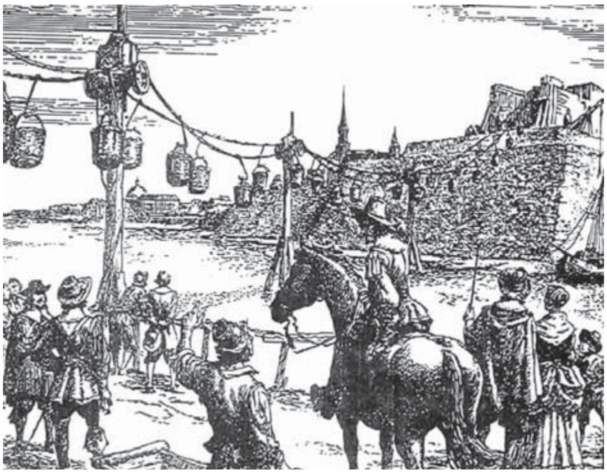
Sempre a Fausto Veranzio è da attribuire non l'invenzione, che in quanto tale sia pure nella forma più rudimentale doveva essere nota e usata sin dalla preistoria, ma la prima formulazione teorica e grafica di una funivia, forse tratta dalle arcaiche teleferiche o funi a sbalzo, modificandola per il trasporto delle persone, soprattutto in funzione di traghetto aereo, non a caso da lui definita ancora ponte a una corda. Questa la sua descrizione:

> Ponte d'una Corda
> *Da una fune grossa, penda una Cassa ligata à le sue girelle, ò taglie come vogliamo dire, e tirata da un'altra fune sottile, tutti quelli che saranno in detta cassa, senza alcun pericolo saranno traghettati à l'altra Ripa.*[29]

Quanto al palorcio, dal greco bizantino *pàrolkion* diminutivo di *parolxos* , gomena, o per meglio dire,

28 Da F. VERANZIO, *Machinae…* , cit., proposizioni XXXIV e XXXV, p. 13.
29 Da F. VERANZIO, *Machinae…* , cit., proposizioni XXXVI p. 13.





fune di rimorchio tesa fra due imbarcazioni, è sostanzialmente una fune tesa fra due supporti. Stando al nostro dizionario, infatti, il palorcio è il più rozzo impianto a fune, detto anche 'filo sbalzo' o 'teleforo': in pratica una teleferica embrionale. La sua fune pertanto deve essere tesa fra due supporti sfalsati in altezza, il superiore di partenza e l'inferiore di arrivo, scorrendovi sopra per gravità i ganci, o dove la pendenza è scarsa, le carrucole dei carichi inviati a valle, perlopiù di legna, carbone, foraggio o finanche ghiaccio.[30] Nessun vagoncino, nessuna fune di risalita e, connotazione dirimente, nessun cavalletto o pilone intermedio. Un impianto che funzionava soltanto per gravità, che sarà più tardi perfezionato adottando rosari di vagoncini vincolati fra loro, di modo che quelli più pesanti carichi scendendo facevano risalire quelli vuoti più leggeri. Ma alla metà del XVIII secolo già quel rozzo sistema sembrava una fantastica macchina. Scriveva, infatti, l'abate Antonio Genovesi, 1713-1769, nel suo *Discorso sopra il vero fine delle lettere e delle scienze*, redatto nel 1750, queste parole:

> *Io spero che quelle macchine che l'umano ingegno si ha fabbricate contro la rapidità del tempo…* [tra cui il palorcio] *sì migliorata da poter servire in tutti i luoghi e in tutti i siti... voglia essere un poco meglio conosciuta... niuna nondimeno mi pare più perciò acconcia, quanto il Palorcio, per la cui opera io ho veduto in coteste montagne di Vico fare in un giorno ciocché difficilmente senza di lui si farebbe in cento.*[31]

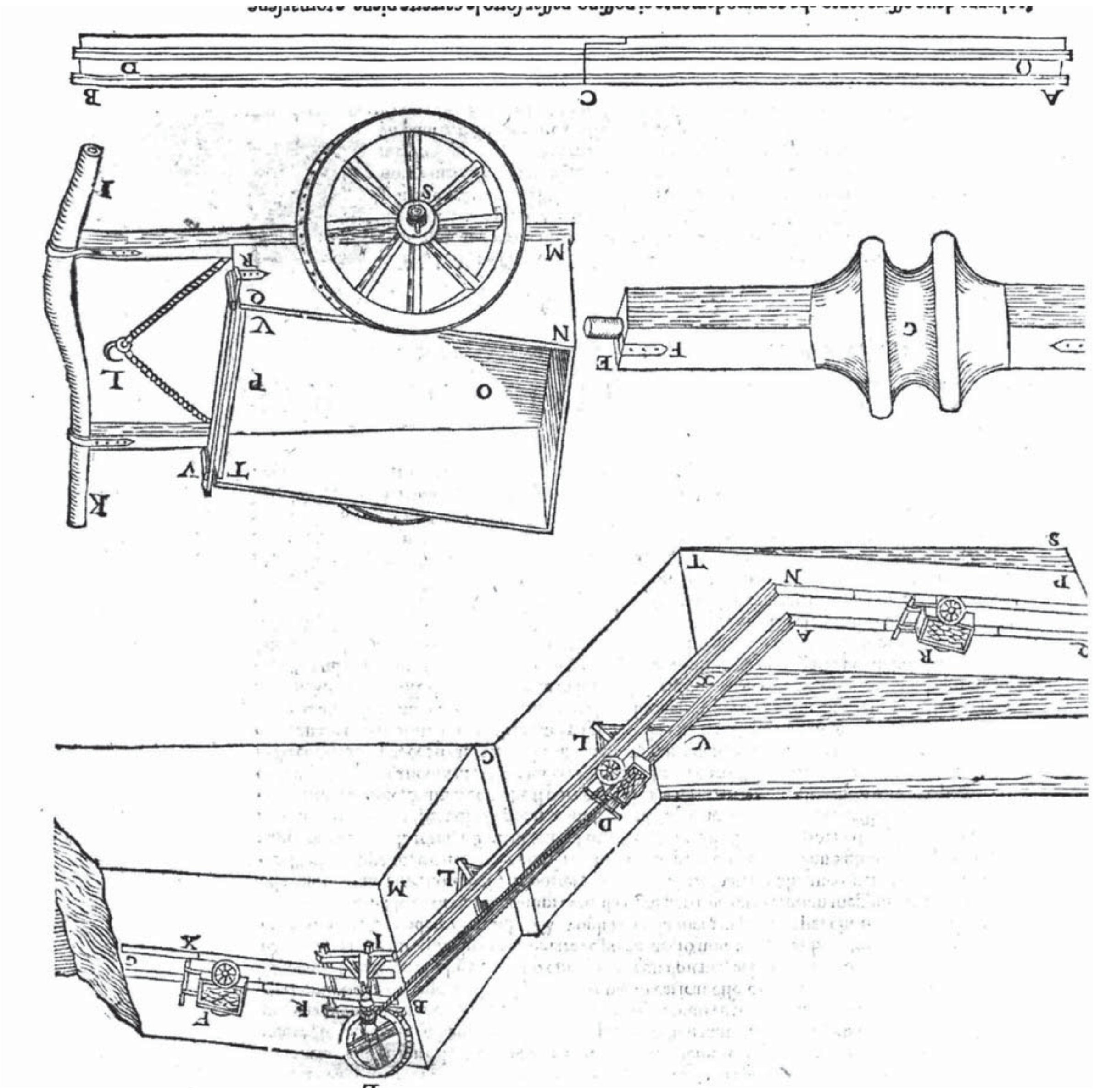
Una trentina di anni dopo, il suo discepolo Giuseppe Maria Galanti, 1743-1806, volle ricordarne la capacità di cogliere il progresso anche in quella piccola invenzione che così a sua volta descriveva:

> *Era questo semplice ordigno, usato da antico tempo presso i popoli di Amalfi e di Vico [Equense], e del quale quella gente si serviva per calare dalla sommità de' monti le fascine o altri pesi al lido del mare. Utile, facile, e bello era l'uso di questo ordigno, il quale consiste in una fune posta a traverso un vallone, su della quale scor-*

30 Cfr. F. RUSSO, *Il sorbetto di Nerone*, in ARCHEO, n° 304, pp. 120-25.

31 Da A. GENOVESI, *Discorso sopra il vero fine delle lettere e delle scienze*, premessa del libro di A. MICHELI, *Ragionamento sopra i mezzi più necessari per far rifiorire l'agricoltura, colla relazione dell'erba Orobanche detta volgarmente Succiamele e del modo di estirparla da Pier Antonio Micheli*, Firenze 1752.

In alto, a sinistra: *Fausto Veranzio: ponte-funivia su corde.*
A fianco: *stampa del XVII secolo di teleferica monofune.*
Sotto: *busto di Bonaiuto Lorini.*



Sopra: il *Sistema di trasporto guidato del Lorini*

rendo si mandano giù le fascine raccomandate ad un piccolo uncino. Il vantaggio di questo artifizio consiste, che in brevissimo tempo si fanno pervenire i pesi al lido del mare evitandosi l'asprezza delle vie, e i lunghi giri, che altrimenti si sarebbero avuto a fare. Il signor Intieri sempre intento agli usi meccanici della vita, fece opera col suo sottilissimo intendimento di perfezionare questo rozzo e semplice istrumento, e si studiò principalmente di stenderne l'uso non solo a calare pesi non piccioli, per lunghissimo spazio e senza assistenza d'uomo, ma anche sul piano, e nelle salite non aspre tirare con picciola forza de' pesi, che senza grandissima fatica non si possono trasportare.[32]

32 Da G.M. GALANTI, *Elogio storico del signor abate Antonio Genovesi,* Firenze 1781, pp. 163-64.

Tra i disegni del magnifico trattato in cinque libri di Buonaiuto Lorini, *Delle fortificazioni 1596*, vi è descritto ed illustrato, in una delle ultime tavole, un sistema di trasporto che potrebbe definirsi una via di mezzo tra una funicolare ed una ferrovia a cremagliera.

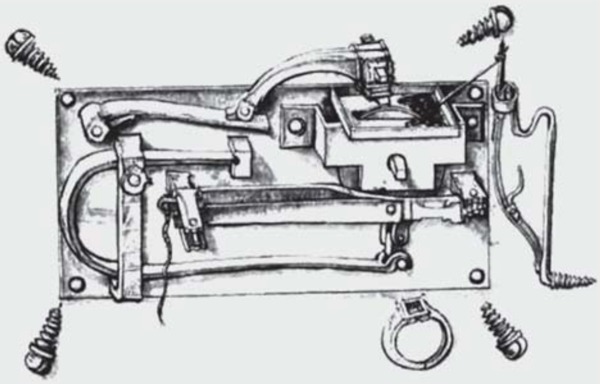
Si tratta, infatti, di carrelli fatti salire su apposite rotaie mediante un argano: non può considerarsi una novità assoluta in quanto già il citato Giovanni Fontana nel foglio 17r illustra quella che lui chiama torre di sollevamento, dove su due funi inclinate sale un carrello tirato da un argano. Qualcosa del genere fu realizzata ancora nell'800 a Mont St. Michel, dove si può tutt'oggi osservare con la relativa rampa.

Mani

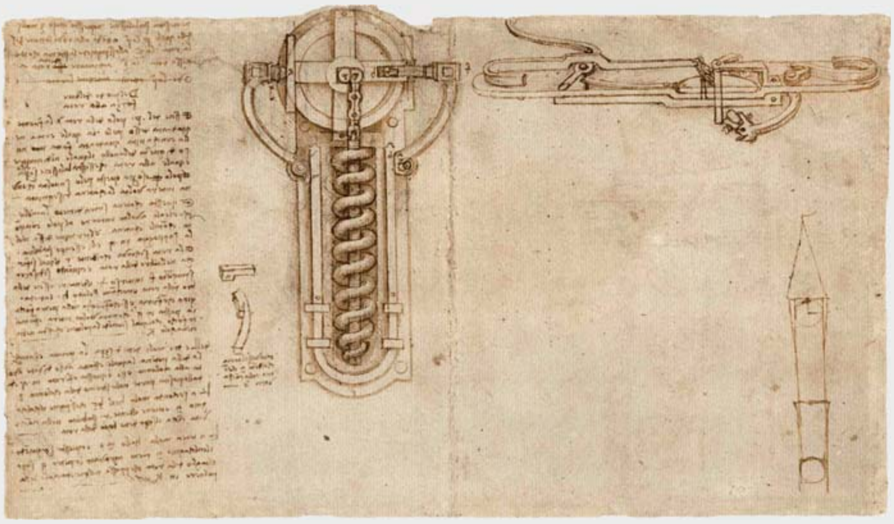
Michelangelo Buonarroti, La creazione di Adamo, dettaglio dell'affresco della Cappella Sistina, Roma, 1511.

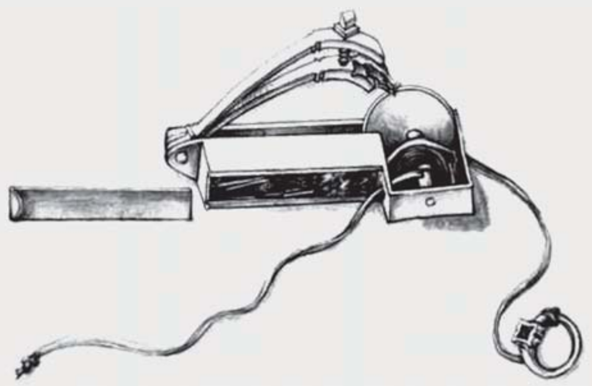
Militaria mirabilia

L'acciarino a ruota

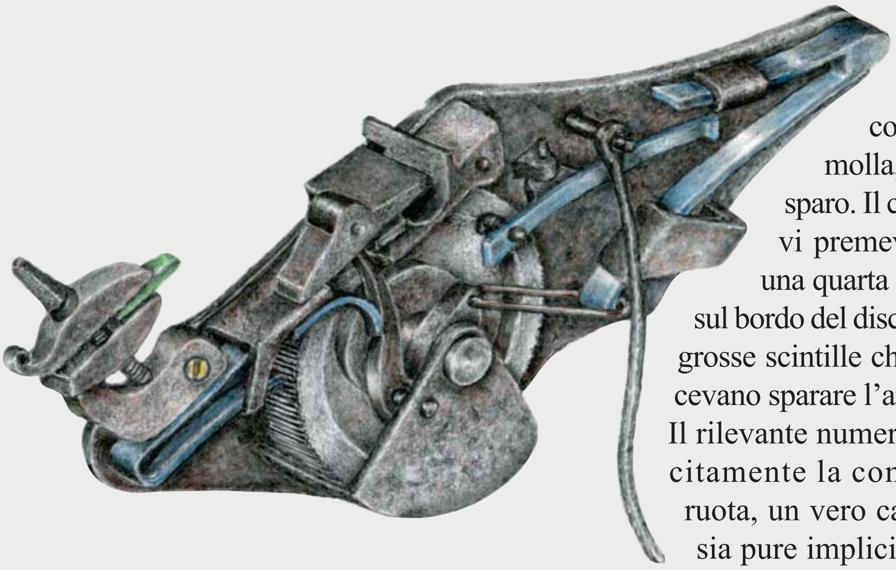


Enigmatica e singolare l'invenzione dell'acciarino a ruota, la cui paternità è alquanto controversa. Alcuni studiosi, infatti, ne collocano l'avvento nell'ultimo quarto del XV secolo, a opera di Martin Löffelholz, un ingegnere di Norimberga. Il tecnico ne lasciò esplicita testimonianza in una dettagliata descrizione e in alcuni accurati disegni, in un suo manoscritto del 1505, disgraziatamente distrutto nell'ultimo conflitto. Le varie copie disponibili, certificandone le caratteristiche, inducono pure a retrodatarne l'avvento all'ultimo decennio del secolo precedente. Altri studiosi sostengono, invece, che fu Leonardo da Vinci a inventarlo, intorno al 1514, come alcuni disegni del Codice Atlantico, sembrano avvallare. Da ulteriori riscontri, tuttavia, appare più verosimile la prima paternità, facendo perciò rientrare a giusta ragione l'acciarino a ruota fra le ultime invenzioni medievali. Il congegno, però, non godette né di lunga né di vasta adozione sulle armi individuali, montandosi per pochi decenni solo su quelle civili di lusso e sulle pistole, nonostante l'indubbio vantaggio offerto dalla cosiddetta accensione a fuoco spento. Un'arma a ruota, ar-





In alto e a fianco: *gli acciarini a ruota e a strappo di Martin Löffelholz.*
Al centro: *l'acciarino a ruota di Leonardo da Vinci.*



chibugio o pistola che fosse, infatti, di notte era invisibile fino al momento dello sparo, a diffe-

renza di quelle a serpentina rivelate dallo sfavillio della miccia, accesa poco prima che sparassero.[1]

Componente rilevante del congegno il cosiddetto 'cane', che continuerà a usarsi anche nell'acciarino a percussione, per i successivi due secoli. In pratica un morsetto le cui ganasce, simili a mascelle di cane strette da una vite a testa quadrata, serravano una scheggia di pirite. Nell'acciarino a ruota la pirite era costretta a sfregare sul bordo di un disco zigrinato rotante, come quello delle monete, dalla trazione di una grossa molla a V, caricata in precedenza con una apposita chiave. La trazione scattava non appena si rimuoveva, tramite il movimento del grilletto, il perno di bloccaggio costretto in apposito foro da una seconda molla. Una camma apriva allora lo scodellino fino a quel momento chiuso dal coperchietto spinto da una terza molla, scoprendo così la polvere da sparo. Il cane, che fino a quel momento vi premeva sopra per la pressione di una quarta molla, batteva violentemente sul bordo del disco, già in rotazione, emettendo grosse scintille che incendiando la polvere facevano sparare l'arma.[2]

Il rilevante numero di molle testimonia esplicitamente la complessità dell'acciarino a ruota, un vero capolavoro dell'orologeria, e sia pure implicitamente il suo costo proibitivo e l'intrinseca preziosità. Sul finire della seconda metà del XV secolo, l'arma individuale definita archibugio, ostenta tutte le peculiarità che manterrà nei cinque secoli successivi dapprima col nome di moschetto e poi di fucile.

L'acciarino a ruota, paradossalmente, non scomparve tant'è che è ancora largamente usato: il suo epigono miniaturizzato e semplificato è prodotto in milioni di pezzi al giorno, per l'accensione del gas nei nostri accendini usa e getta!

1 Sulle caratteristiche tecniche delle armi a ruota cfr. S. MASINI, G. ROTASSO, *Dall'archibugio al Kalashnikov,* Milano 1992, pp. 73-102.

2 In merito cfr. H. L. PETERSON, *Armi da fuoco nei secoli,* Milano 1963, pp. 56-75.

In alto: *ricostruzione assonometrica di un acciarino a ruota.*
Al centro: *pregiata pistola a ruota col calcio in avorio.*
Sopra: *un moderno accendino usa e getta.*

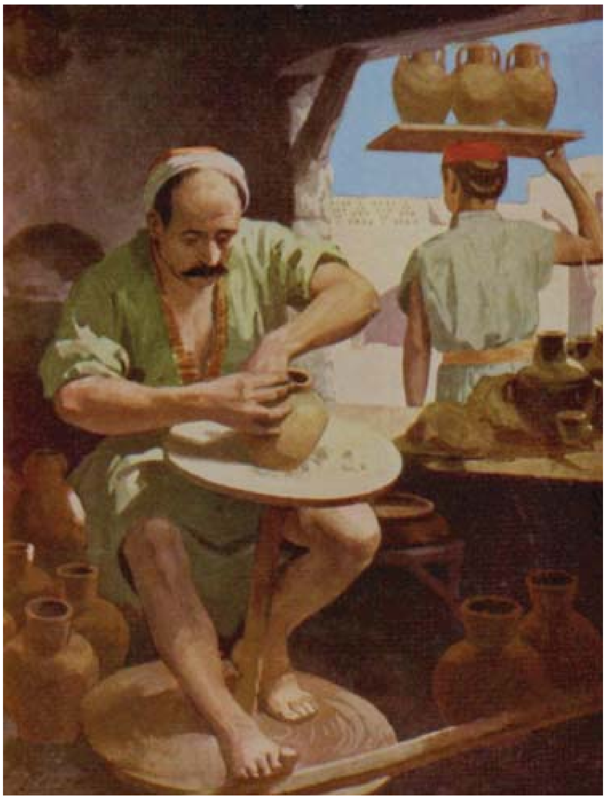
Parte Terza

Costruire con precisione

Tornio per metalli

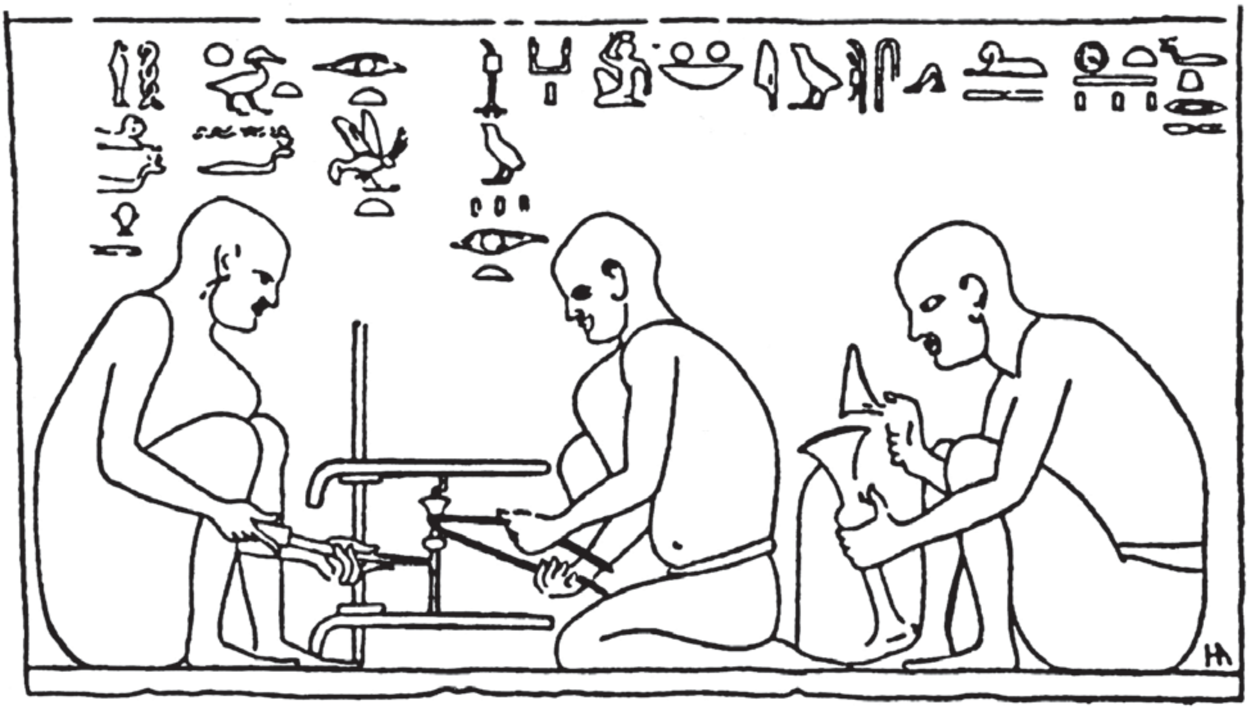
Il tornio nell'accezione più ampia data al termine è esistito sin dalla preistoria: così infatti viene chiamato anche il piatto rotante, o ruota del vasaio, fatto girare per lo più con il piede, sul quale si modellava, e si modella ancora, l'argilla che sembrerebbe risalire a prima del III millennio a.C. In seguito gli Egiziani, dandogli i connotati di un trapano a mano verticale, azionato dall'andirivieni di un archetto e capace tutt'al più di sagomare con un tagliente un piccolo pezzo di legno, continuarono a definirlo tornio, lasciandocene alquante raffigurazioni. In Età classica e poi in quella medievale il tornio era un alberino fatto girare da una frusta, sempre alternativamente. Soltanto all'avvento dell'Età moderna si incominciarono a costruire dei torni che per vari aspetti anticipano le attuali connotazioni della macchina utensile, sia pure ancora costretta alla rotazione alternativa impartitagli da una cinghia, moto che nel secolo seguente diverrà una rotazione continua.[3]

Dopo la dissoluzione dell'Impero d'Occidente, infatti, per lunghi secoli, del tornio se ne perdono sia la menzione che le tracce, come del resto dei lavori più precisi e rifiniti, incompatibili con la terribile precarietà esistenziale. Soltanto dopo il Mille, quando inizierà la ripresa demografico-culturale, il tornio ricomparirà sostanzialmente immutato, per subire rapidamente una vistosa evoluzione. Le prime raffigurazioni pervenuteci, contenute per lo più in codici



3 Circa l'evoluzione del tornio cfr. T. K. DERRY, T. I. WILLIAMS, *Tecnologia e civiltà occidentale*, Torino 1968, pp. 371-414.

In alto: *raffigurazione di un moderno vasaio che lavora con la ruota a piedi.*
A fianco: *statuetta egiziana con vasaio intento a modellare su una ruota azionata a mano.*



Sopra: *ricostruzione di raffigurazione egiziana di un tornio ad archetto.*

In basso, a sinistra: *miniatura medievale di tornitore intento a lavorare un pezzo di legno.*
In basso, a destra: *miniatura rinascimentale di tornitore al lavoro.*

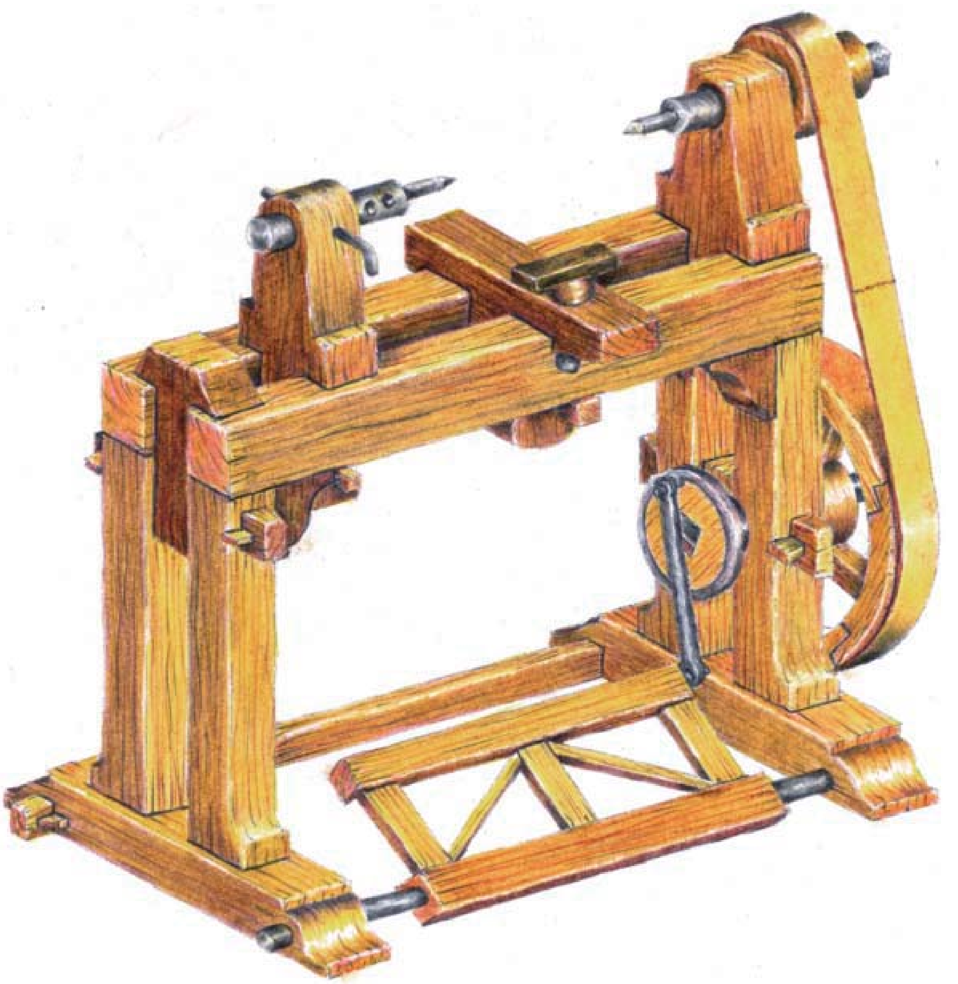
miniati, ce lo mostrano infatti istallato su una sorta di cavalletto, a quattro zampe leggermente divaricate, sorreggenti due traverse parallele orizzontali, molto vicine fra loro, definite attualmente 'bancale', con la funzione di sostegno e guida. Tre supporti verticali vi scorrono dentro, bloccati con dei cunei nella posizione prescelta: quello all'estremità di sinistra so-

Sopra: *un antico tornio ad asta.*
Sotto: *ricostruzione assonometrica di un tornio a balestra.*

stiene l'albero col rudimentale mandrino, detto 'trascinatore' che trattiene il pezzo in lavorazione; quello centrale, detto 'porta-utensile', sorregge il tagliente; quello di destra porta la contropunta, che allineata all'albero, garantisce la perfetta centratura del pezzo. La rotazione pur essendo ancora ottenuta tramite una cinghia arrotolata intorno all'albero, si avvale dell'ausilio di un pedale. La cinghia, infatti, ha un capo fissato all'asta flessibile e l'altro allo stesso pedale: spingendolo con il piede si tirava la cinghia, facendo così girare l'albero e flettere l'asta; esaurita la corsa del pedale, l'asta raddrizzandosi recuperava la cinghia facendo nuovamente girare l'albero, ma al contrario provocando così il solito moto alternativo. Rarissimi e di scarsissima potenza i torni a manovella, impiegati forse per la costruzione dei primi orologi meccanici.

L'asta flessibile essendo in genere di discrete dimensioni era posta a distanza dal tornio, o fissata al soffitto del locale, sovrastandolo. In seguito con l'adozione dell'elemento elastico ad arco il suo stativo si vincolò al cavalletto, rendendo perciò la macchina più compatta e di minor ingombro. Per incrementare la potenza, esigenza sentita soprattutto per la lavorazione dei metalli, intorno al XIV secolo comparve il tornio a balestra, nel quale l'elemento elastico necessario per il recupero della cinghia era ancora un arco ma del tipo di quello delle balestre a due foglie d'acciaio, che adottava un pedale molto più largo. Questo, che garantiva la forza motrice, era perciò idoneo all'azionamento con ambedue i piedi da parte di un tornitore seduto, o tramite l'aiuto di un assistente, restando comunque la rotazione sempre alternata, con una decina di giri utili nel verso antiorario ed un numero identico di recupero, passivi, nel verso orario.

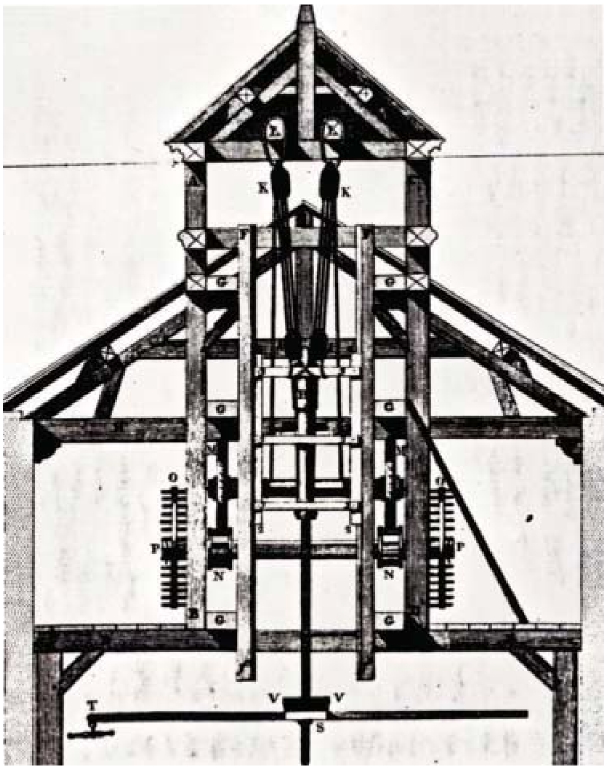
È probabile che intorno alla metà del XV e più probabilmente agli inizi del XVI secolo, nei torni più evoluti, per evitare la continua inversione di rotazione si montasse, dietro al trascinatore, un arpionismo d'arresto, costituito da una ruota dentata fissata all'albero posta in un tamburo, munito all'interno di un nottolino o arpione, solidale al trascinatore. In fase di ritorno della cinghia, l'arpione saltando sul



dorso dei denti della ruota non faceva girare il tamburo lasciandolo fermo insieme al trascinatore; nella fase di trazione, invece, impegnandosi nella cavità di un dente lo metteva in rotazione col trascinatore. La rotazione diveniva così intermittente, migliorando vistosamente la qualità dei pezzi torniti. Sempre intorno alla metà del '500, stando alle incerte fonti disponibili, iniziò a farsi strada il tornio a rotazione continua, azionato però dal moto di un pedale. In larga massima si avvaleva di una biella, di legno o di ferro, posta tra un risalto del pedale e di un eccentrico di un disco che fungeva da manovella. Questo, a sua volta, era solidale ad una spessa ruota a raggi, simile a quella dei carri, sul cui cerchione insisteva una cinghia di cuoio, che ne trasmetteva la rotazione ad una seconda ruota, più piccola, solidale all'albero del tornio. La ruota maggiore, posta in rotazione dal pedale, oltre a trasmettere la rotazione all'albero del tornio agiva pure da volano, stabilizzandone la rotazione, dando così alla macchina l'indispensabile inerzia. Il che, oltre a permettere una più agevole tornitura, ne migliorava vistosamente la precisione, specialmente sui metalli, per lo più bronzo ed ottone, compromessa dalle variazioni di velocità. Il tagliente, infatti, asporta dei trucioli mentre viene fatto spostare orizzontalmente sul portautensile, per cui variando il numero di giri dell'albero se ne altera la regolarità. Il tornio rinascimentale, che per quanto rievocato somigliava ad una vecchia macchina da cucire famigliare e della quale fu senza dubbio l'ispiratore, costituì il salto di qualità che, perfezionandosi ulteriormente sul finire del XVII secolo e gli inizi del successivo, rese possibile il decollo della meccanica di precisione, dalla produzione di orologi a quella delle armi.

Sopra: *un tornio a legno del XIX secolo.*
Sotto: *un tornio per orologeria di precisione del XVII secolo.*
In basso: *un tornio per orologeria del XIX secolo.*

Nella pagina a fianco: sopra, *un tornio a legno del XIX secolo;* sotto: *ricostruzione assonometrica di un tornio seicentesco a pedale.*



L'alesatrice

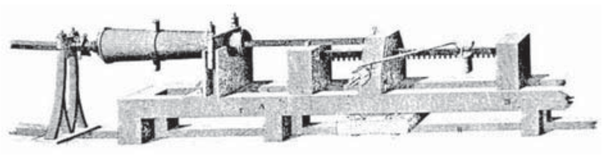
Gli attuali motori a scoppio, diesel o a benzina, ci hanno reso familiare il termine alesaggio, e con lui tutti i derivati dal verbo alesare e dal sostantivo alesatrice, facendone presto comprenderne il significato e l'ambito d'impiego per il corretto funzionamento del motore.[4] Ottimizzazione che essendo data dalla minima tolleranza fra il cilindro fermo e il pistone mobile al suo interno, ebbe una significativa anticipazione nei cannoni[5], la cui anima da un certo momento in poi non si ottenne più mediante un nocciolo refrattario posto nella matrice prima della fusione, ma per trapanatura ovvero per l'operazione propriamente detta alesatura. Il termine sembrerebbe derivare dal francese *aleser* la cui etimologia, e il condizionale mai come in questo caso è d'obbligo, dovrebbe essere *à l'aise* cioè a proprio agio criterio che potrebbe calzare alla giusta aderenza ricercata con l'alesatura.

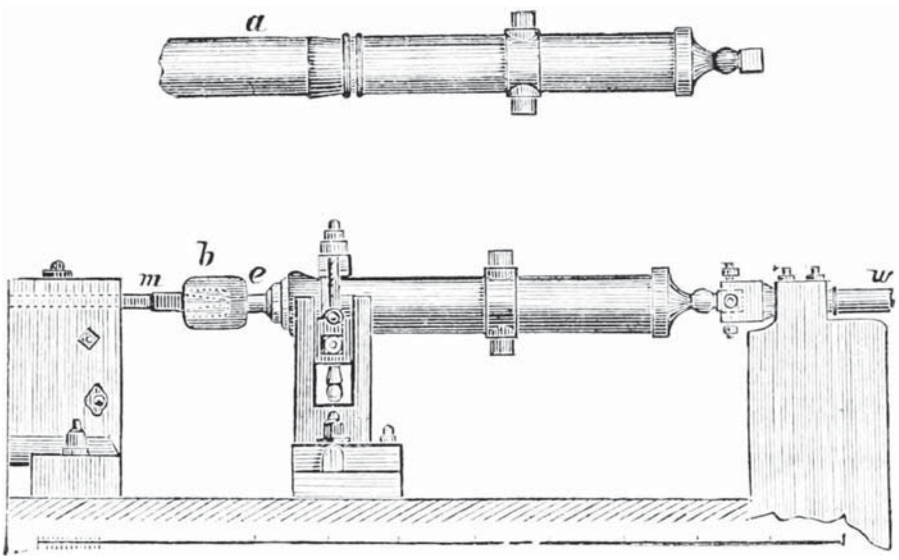
Al di là del significato etimologico e tecnico della voce verbale alesare, ne è certa l'origine che ha dei precedenti già in epoca ellenistica[6] per ottimizzare la tenuta delle pompe a stantuffo. Nella fattispecie si trapanavano i cilindri e si tornivano gli stantuffi fino a raggiungere una corrispondenza fra i due dell'ordine, nel migliore dei casi, di 0.1 mm. Ma si trattava di piccoli manufatti peraltro molto rari se completamente di bronzo. Documenti del 1479 certificano che già da allora si avviò la trapanazione dell'anima dei cannoni, come ad esempio quello del 27 di ottobre del 1479, nel quale un tale Paolo Niccolini del contado lucchese esponeva ai Magnifici Signori Anziani e Gonfalonieri di Giustizia di Lucca: "*como lui intenda fare uno edificio da trapanare spingarde ad acqua nel Comune di S. Quirico a Petronio*"[7] e al momento che l'iniziativa fu apprezzata si deve concludere che la procedura fosse almeno conosciuta, sia pure limitatamente alle bocche di piccolo calibro. Va ricordato che nelle prime alesatrici non era il tagliente a girare ma l'intero pezzo, che fungendo in tal modo da volano, regolarizzava la rotazione e per conseguenza la trapanazione. Grazie alla precisa lavorazione, la tolleranza fra proietto e anima si ridusse

4 Per approfondimenti sull'alesatrice cfr. B. GILLE, *Storia delle tecniche*, Roma 1985, pp. 372-75.
5 Sulla trapanazione dell'anima dei cannoni cfr. E. BRAVETTA, *L'artiglieria e le sue meraviglie dalle origini fino ai nostri giorni*, Milano 1919, pp. 120-22.

6 In merito cfr. F. RUSSO, *Fuoco Marino*, supplemento della Rivista Marittima febbraio 2004.
7 La citazione è tratta da E. BRAVETTA, *L'artiglieria…*, cit. p. 122.

In alto, a sinistra: *edificio adibito alla alesatura dei cannoni con utensile verticale.*
Sotto: *ricostruzione di alesatrice per cannoni orizzontale.*
In basso: *rappresentazione assonometrica di alesatrice per cannoni, fatta ruotare manualmente tramite una lunga barra filettata.*





sensibilmente, favorendo così l'adozione delle palle di ferro, con esiti balistici assolutamente inusitati e impensabili in precedenza, che non a caso sancirono la fine della fortificazione medievale.

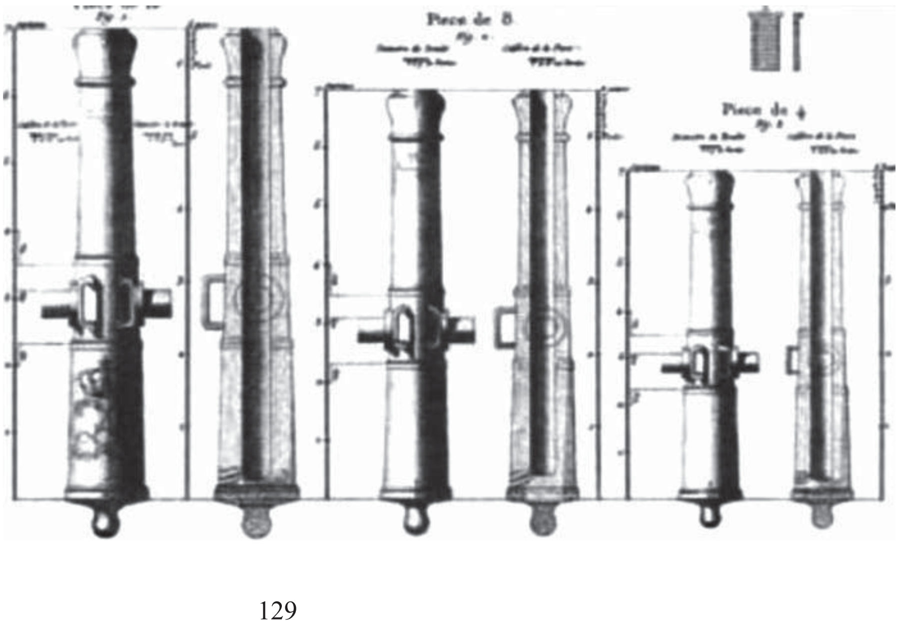
L'alesatura, tuttavia, divenne realmente tale solo in Età moderna quando mediante grosse macchine idrauliche si applicò sistematicamente alla costruzione dei cannoni di ogni dimensione, in maniera da ottenerli con l'anima perfettamente cilindrica con calibri standardizzati. Quest'ultima modifica solo in apparenza modesta, al di là dei vantaggi balistici fu rilevante anche dal punto di vista economico-militare, poiché indirettamente poneva fine all'anarchia vigente proprio in materia di calibro, da intendersi come il peso in libbre della palla, per cui ogni cannone richiedeva una propria palla, con un enorme sperpero di risorse e deficienze d'impiego. Non di rado, infatti, capitava di disporre di un gran numero di palle idonee a un cannone ormai fuori uso, l'unico a poterle sparare!

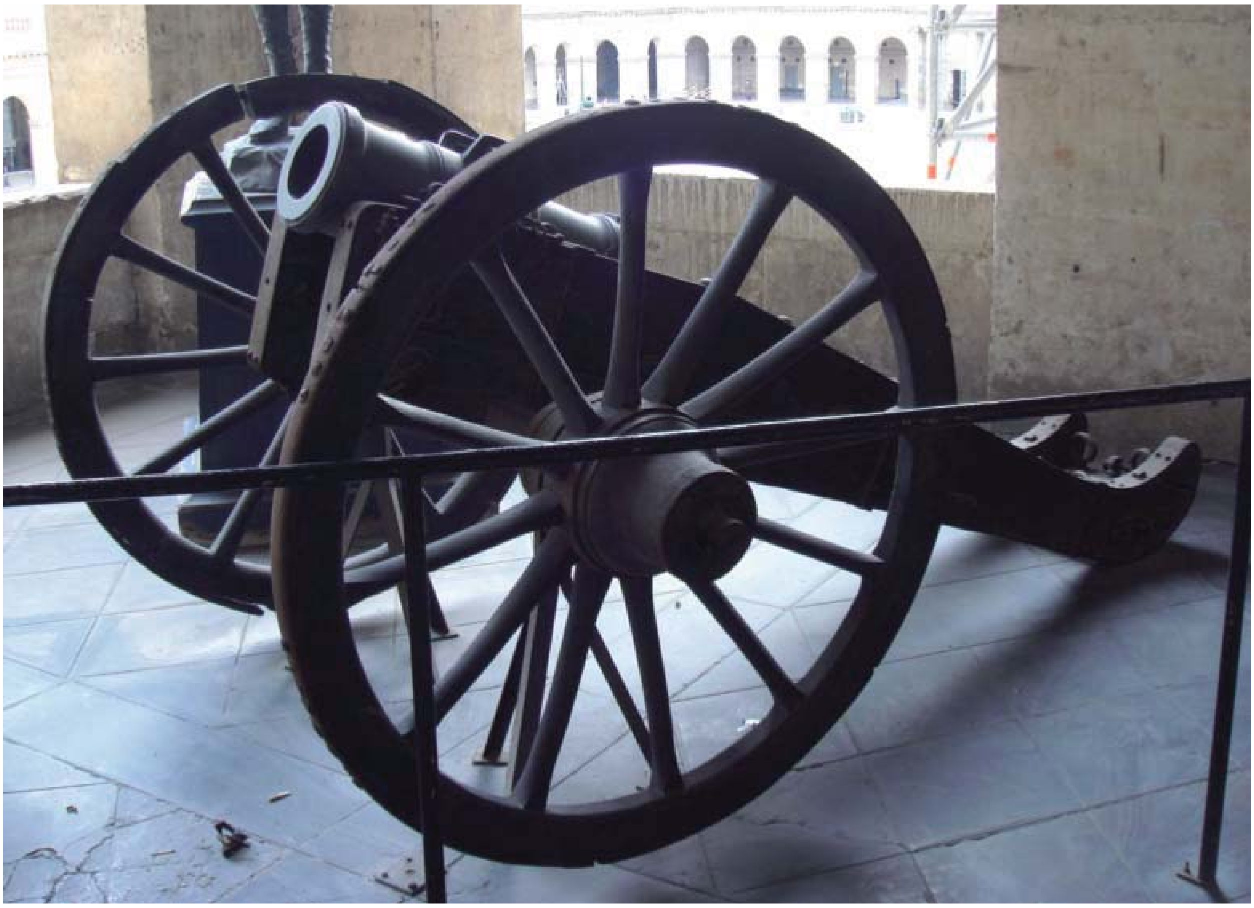
Costruire in serie

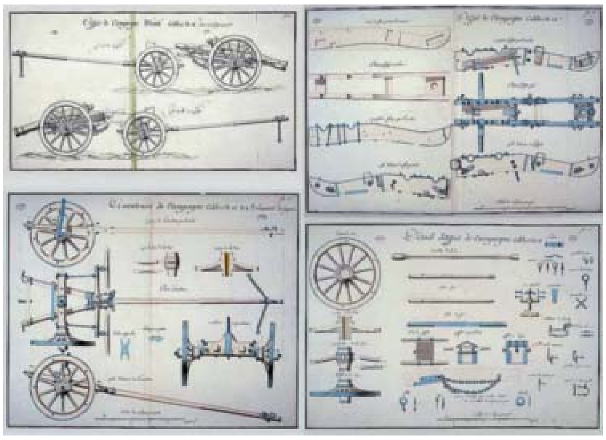
Cannoni e moschetti

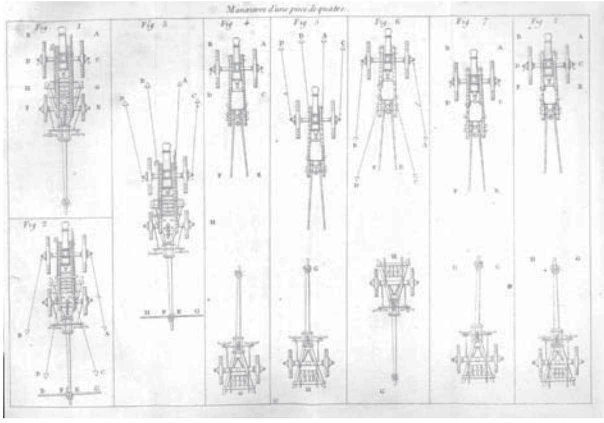
Già Erone nel I secolo affermava che le macchine da guerra dovendo essere mobili dovevano perciò essere facilmente smontabili e assemblabili e, per logica conseguenza, le loro diverse parti costruite in dimensioni standardizzate. In tal modo quelle usurate o danneggiate si sarebbero potute sostituire in brevissimo tempo a patto di disporre dei relativi pezzi di rispetto in numero adeguato. E nemmeno allora quell'oculato ragionamento costituiva una vera novità, ritrovandosi già esposto da Filone di Bisanzio un paio di secoli prima. Attuare quei suggerimenti implicava non soltanto costruire in maniera prefissata ma soprattutto in serie, dal momento che ogni pezzo essendo sempre uguale poteva essere realizzato in quantità discrezionali e poi assemblato. La costruzione in serie, in ultima analisi, scaturiva dalla necessità di fronteggiare la domanda di un rilevante numero di macchine destinate allo stesso compito con identiche prestazioni, situazione tipica delle forniture ai grandi eserciti. Emblematicamente dopo la prescrizione di Erone destinata all'esercito romano, per ritrovare qualcosa di analogo bisogna attendere Jean-Baptiste Vaquette de Gribeauval, ingegnere e Generale, che con le sue riforme razionalizzò l'artiglieria francese. Fino ad allora, infatti, si distingueva in artiglieria d'assedio, da fortezza, da costa e da campagna: di tutte solo l'ultima branca era realmente mobile dovendo accompagnare l'avanzata delle fanterie, e appunto su

In alto: *rappresentazione grafica di prospetto di alesatrice per cannoni.*
Sotto: *i cannoni del sistema Gribeauval.*









quella si concentrò la riforma di Gribeauval.[8] Il suo nuovo criterio stabilì che i pezzi della specialità fossero di bronzo, con un calibro di 4, 8 e 12, più un piccolo cannone da montagna da 1 libbra.

Quanto alle gittate si attestavano sui 600 m per i tiri con carica a mitraglia e sui 1000 m con palle piene, con una cadenza di fuoco di circa due colpi al minuto, ovviamente con serventi preparati. Un pezzo da 12 libbre ne richiedeva una dozzina, di cui due cannonieri e i restanti a vario titolo serventi al pezzo. La regolazione della gittata avveniva variando l'angolo di elevazione da 0° a 45° mediante una grossa vite posta sotto la culatta. Del sistema faceva parte anche un obice da 220 mm, in grado di lanciare una granata di 14 kg a 1200 m: la sua accensione avveniva tramite due micce affogate nella polvere contenuta nella stessa granata che veniva accesa dalla esplosione della carica di lancio.

8 Circa le caratteristiche tecniche del 'sistema Gribeauval' cfr. C. MONTÚ, *Storia dell'Artiglieria Italiana*, Roma 1935, vol. II parte II, pp. 1319-1323.

Nella pagina a fianco, sopra: *cannone Gribeauval da 12 libbre.*
Nella pagina a fianco, in basso: *obice Gribeauval da 6 pollici.*
In alto: *carro per munizioni per l'artiglieria di Gribeauval.*
A fianco: *progetti grafici per gli affusti del sistema di Gribeauval.*

Una cura scrupolosa fu riservata agli affusti, che costituivano la parte più delicata dei pezzi campali: per sua iniziativa vennero realizzati con caratteristiche e dimensioni standardizzate, e perciò con componenti intercambiabili. La tolleranza consentita nella loro costruzione fu di appena un paio di millimetri.

In realtà, però, l'apporto del Gribeauval pur razionalizzando e uniformando l'artiglieria campale, non ne determinò una vera produzione in serie, come invece farà poco più tardi Eli Whitney, 1765-1825, inventore ed imprenditore americano, nella produzione dei moschetti. La vicenda può al riguardo considerarsi emblematica: sul finire del 1790 Whitney era prossimo al fallimento per i cospicui investimenti sostenuti per una sua infruttuosa invenzione, quando il Dipartimento della Guerra, temendo imminenti conflitti, promosse un poderoso riarmo, bandendo un concorso per la fornitura di 10.000 moschetti. Whitney sebbene del tutto incompetente in materia, se ne assicurò l'appalto garantendo la fornitura in poco più di un anno! Il segreto stava nel criterio di produzione che avrebbe adottato: "*... costruire le stesse parti di armi differenti, come ad esempio gli acciarini, in modo che fossero uguali tra loro, come le stampe nate dalla stessa incisione*."[9] Fu la prima parziale applicazione della teoria di fabbricazione seriale, ed il Whitney fu perciò il precursore dei moderni sistemi di produzione industriale.

9 La citazione è tratta da. S. MASINI, G. ROTASSO, *Dall'archibugio...*, cit., pp. 185-86.

In alto: *cannoni del sistema Gribeauval.*
Al centro: *moschetto di Whitney.*
A fianco: *ritratto di Eli Whitney.*

Sparare

Armi da fuoco manesche

Le armi da fuoco, il cui avvento si colloca tra il XIII ed il XIV secolo, soltanto agli albori del XV avviarono in maniera sensibile la loro evoluzione. Per la stragrande maggioranza degli storici del settore il loro debutto fu caratterizzato da bocche da fuoco di modestissime dimensioni, che anche sotto il profilo meramente formale somigliavano emblematicamente a caraffe e brocche domestiche. I rarissimi reperti e le ancora più rare raffigurazioni in codici miniati, danno ampia conferma dell'asserto: spessi vasi di bronzo, con un piccolo foro centrale dal quale tramite l'esplosione della polvere in precedenza inseritavi, veniva scagliato un tozzo dardo, appena sporgente dalla bocca, e non una palla che avrebbe richiesto maggiore regolarità. Ovvio immaginare l'insignificante letalità di bocche da fuoco siffatte, che se mai offesero seriamente fu più per sfortuna della vittima che per la loro efficacia![10]

10 Cfr. L. BLANCH, *La scienza militare considerata nei suoi rapporti colle altre scienze e col sistema sociale*, Roma 1939, pp. 88-89.

In questa pagina: in alto, *le prime piccole bocche da fuoco e le loro munizioni;* a fianco e sotto, *proto artiglieria in bronzo ricostruita.*

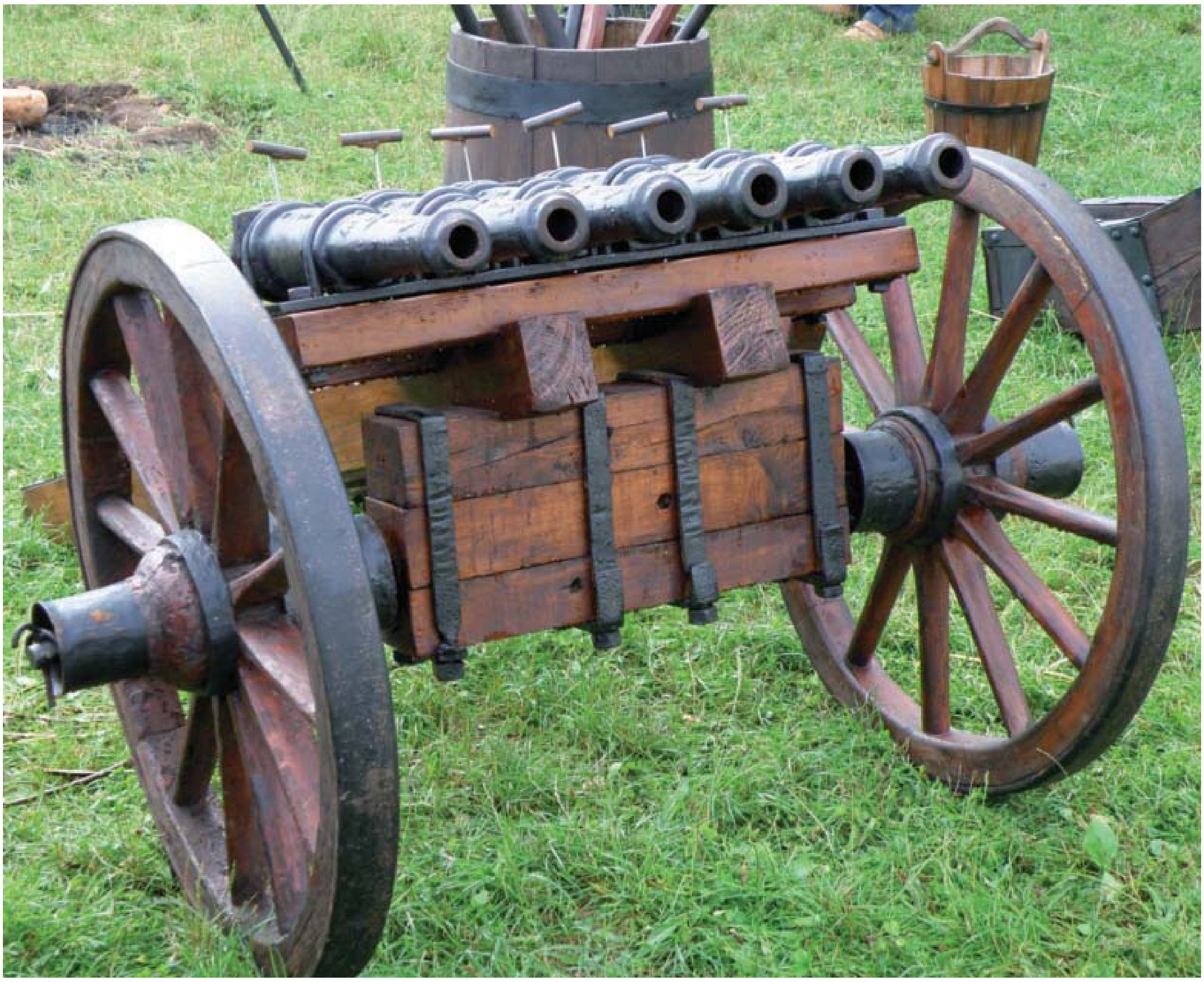
La vera ragione della sopravvivenza e del costante impiego di armi così rozze e ridicole è da ricercare nella loro potente voce, tanto simile al rombo del tuono. Non si meritarono, per decenni, infatti, alcuna distinzione rispetto alle macchine da lancio meccaniche, tradizionalmente chiamate 'tormenta' se non per quella terrificante estrinsecazione. Furono perciò le 'tormenta tonanti', e solo a partire dalla metà del XIV secolo iniziarono a infliggere danni non trascurabili alle strutture difensive.

La bocca da fuoco, originariamente arma anti-persona, si trasformò allora in macchina termica da demolizione a distanza, intraprendendo una vistosa crescita, che la porterà a divenire nei due secoli successivi colossale. Ma dal punto di vista tecnico l'arma più che grande era diventata solo grossa assumendo la generica definizione di bombarda! In questo lungo intervallo se ne ipotizzò l'impiego in fazione campale, ma l'irrilevante cadenza di fuoco a fronte del loro enorme peso, che ne inceppava qualsiasi manovra di punteria, finì per lasciare alle sole piccole bocche manesche il campo di battaglia, relegando le bombarde[11] unicamente agli assedi.

Se ne studiarono perciò di più efficaci tentando di incrementarne la celerità di tiro affiancandone numerose, ottenendone artiglierie simili a organi, da

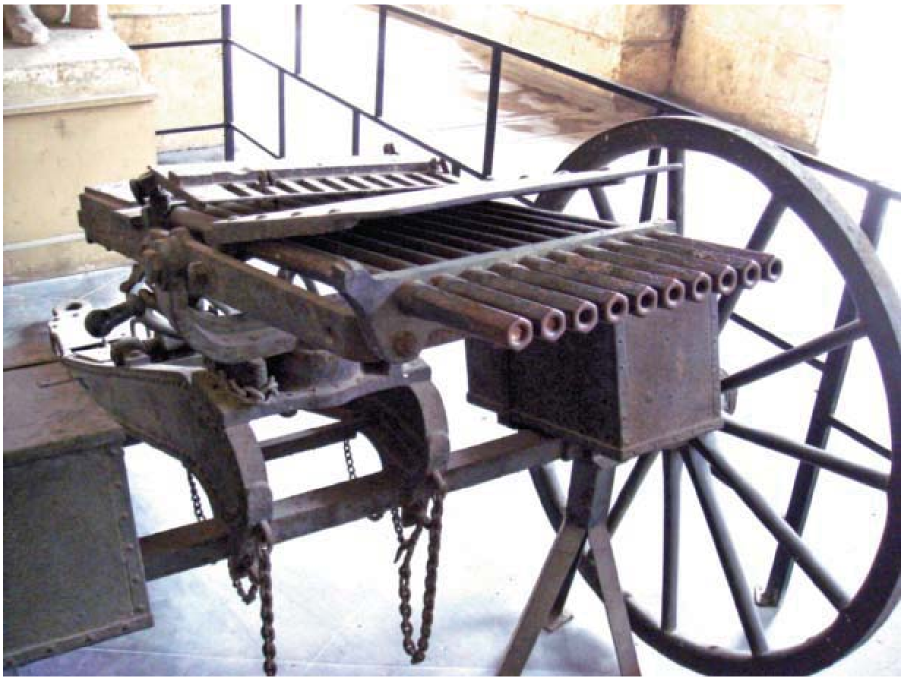
11 Sull'evolversi delle bombarde cfr. F. RUSSO, *Ingegno e paura. Trenta secoli di fortificazioni in Italia,* Roma 2005, vol. II.

In alto: *grossa bombarda con la relativa palla di granito.*

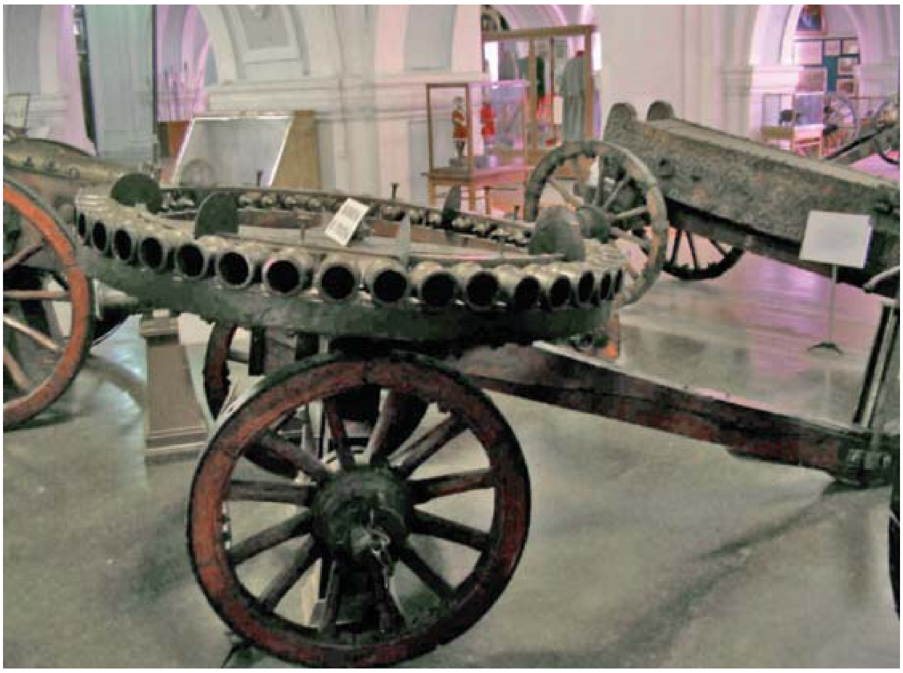


cui trassero infatti il nome, ed anche pezzi ad anime multiple[12], entrambe le tipologie di scarsa efficacia. Il calibro minore toccò a quelle con più canne, che non di rado giunsero a contarne una trentina, sia pure disposte su più ordini rotanti o radialmente a corona, capaci di sparare a breve intervallo. Ma per ricaricare un'arma siffatta era necessario molto tempo, perdendo così tale indubbio vantaggio. Fu allora che, volendo mantenere un gran numero di tiri riducendone però sensibil-

In questa pagina: *organi a 6 e 10 pezzi di artiglieria, di piccolo calibro, paralleli e complanari.*



12 In merito cfr. F. RUSSO, *Meglio la cadenza della potenza,* in rivista MEDIOEVO, agosto 2011.



Sopra: *organo con pezzi radiali complanari disposti a corona.*
Sotto: *organo a 12 canne divaricate complanari.*

mente l'intervallo di ricarica[13], si prese a ragionare diversamente.

Se trenta canne per un organo erano moltissime, spacchettandole ed affidandone ognuna a un singolo tiratore, non si frapponevano ostacoli a schierarne anche diverse centinaia, suddividendole in gruppi di alcune decine, in modo da farli sparare in rapida successione. Dal momento che ogni tiratore doveva ricaricare soltanto la sua arma, bastavano un paio di minuti a ogni gruppo per replicare la scarica, breve intervallo peraltro coperto dal fuoco dei restanti gruppi. In quello schieramento per linee successive può ravvisarsi la premessa della fanteria

13 Per approfondimenti cfr. M. HOWARD, *La guerra e le armi nella storia d'Europa*, Bari 1978, pp. 143-177.

dorso in prossimità della sua culatta. Delle stringhe di ferro fissavano quei piccoli pezzi a lunghi manici metallici o, più spesso, a bastoni appuntiti posteriormente, per infiggerli obliquamente nel terreno, un po' come si faceva con le picche e con le lance per bloccare una carica di cavalleria.

L'archibugio e la pistola

Nonostante così gravi deficienze, l'esito di quelle rudimentali armi individuali dopo pochi decenni si dimostrò subito significativo e stravolgente dando perciò origine a perfezionamenti ravvicinati a carico della impugnatura, del sistema di accensione della polvere e della canna stessa, mutazioni che si protrassero per oltre due secoli e che portarono al-

di linea, che si articolerà oltre tre secoli dopo. Miglior risultato si coglieva nella difesa di una fortificazione dove un nutrito fuoco di moschetteria spesso riusciva più letale per l'attaccante che un tiro prolungato di artiglieria.[14] Dal punto di vista balistico, la disposizione equivaleva a un organo colossale, capace di un rilevante volume di fuoco, a cadenza ravvicinata, incessante e senza rischi d'inceppamenti o difficoltà di trasporto, ideale per impieghi tattici. Inoltre mentre l'organo propriamente detto sparava a casaccio, non essendo possibile una vera punteria per le tante sue canne, il tiro con l'arma individuale era abbastanza mirato, garantendo perciò un vistoso incremento di colpi a segno. L'idea ebbe ben presto attuazione, portando alla realizzazione di rudimentali bombardelle manesche costituite da una canna, per lo più di ferro forgiato, lunga una ventina di centimetri con l'anima di un paio, con il foro d'accensione, o focone, sul

14 Sull'argomento C. BORGO, *Analisi ed esame ragionato dell'arte della fortificazione e difesa delle piazze dell'ab. Carlo Borgo,* Venezia 1777, pp. 200 e segg.

In alto: *cannone ad otto anime minori a corona ed una maggiore centrale.*
A fianco: *raffigurazione di un archibugiere, con la miccia accesa in mano.*

l'avvento dell'archibugio sul finire del XV secolo, quindi del moschetto nel XVI e, infine, del fucile nel successivo, che diverrà nelle sue varianti più evolute l'arma della prima e seconda Guerra Mondiale. L'impugnatura divenuta, dopo alcuni archetipi di ferro, tassativamente di legno, per consentire una migliore punteria priva di deleterie sollecitazioni e fastidiosi surriscaldamenti, ebbe una serie di rapide modifiche. Fu dapprima una sorta di asta, terminante a punta per tirare, come accennato, con inclinazione di circa 45° e senza alcuna mira. In breve, costatatasi la maggiore efficacia dell'arma in assetto orizzontale, si eliminò la eccessiva lunghezza dell'asta munendola inferiormente di una sorta di artiglio, o spuntone, che sporgendo all'esterno di un parapetto o di una feritoia ne bloccava il rinculo. La tipologia prese perciò la denominazione di bombardella manesca a becco che passerà all'archibugio, il cui nome per alquanti studiosi dovrebbe derivare, appunto, da *hacker* uncino e *büchse* arma da fuoco.

L'impugnatura in breve assunse la forma del teniere delle balestre, la cui estremità anteriore cessava una decina di cm prima della bocca della canna e quella posteriore si protraeva molto più indietro della culatta, in modo da potersi appoggiare alla spalla del tiratore, peculiarità che da allora resterà immutata fino ai nostri giorni. Per garantire in tale posizione di traguardare agevolmente con un occhio lungo la canna per allinearla al bersaglio, il teniere, poi calcio, si sagomò curvandolo in modo di abbassarne la parte posteriore e alzarne l'anteriore. Si rese così possibile, solo piegando un po' il capo, di prendere la mira sorreggendo con la mano sinistra l'impugnatura anteriore dell'arma mentre con la destra si maneggiava il dispositivo di accensione.

In alto e al centro: *modelli e raffigurazioni di archibugi.*
Sopra: *ricostruzione assonometrica di bombardella ad uncino.*

La pistola

Per molti studiosi, le prime pistole comparvero intorno alla metà del XVI secolo, forse in Toscana e per l'esattezza a Pistoia, da cui avrebbero poi tratto il nome. Per altri, invece, ferma restando la data del debutto, il nome sarebbe derivato da *pist'aly* termine boemo che indicava il piffero.[15] Tuttavia anche per la data esistono alquante incertezze, ritrovandosi in alcune cronache della seconda metà del XV secolo la presenza di un gruppo di 500 cavalieri armati tutti con bombardelle lunghe una spanna, tenute in una sola mano, in grado di trapassare qualsiasi armatura. L'arma, in sostanza, infatti era una miniaturizzazione dell'archibugio, utilizzando un identico sistema per l'accensione della polvere, la stessa lenta procedura di caricamento e con alle spalle un analogo iter evolutivo. Di peculiare e immutato ne restò sempre l'impiego, ottenuto serrandola saldamente nel pugno della mano destra, che si dimostrò particolarmente valido per chi combatteva a cavallo, consentendogli di sparare senza mollare le redini. Confermandosi se non impossibile almeno improbo sparare mediante l'accensione con la miccia, appare logico che lo sviluppo della pistola si ebbe realmente soltanto dopo l'adozione dell'acciarino a ruota, peraltro estremamente delicato e facile a incepparsi, ragioni che ne spiegano l'effimera adozione e la sostituzione con quello a percussione con pietra focaia.

15 Secondo altre ipotesi il termine pistola, l'arma da fuoco individuale che si impugnava ed usava con una sola mano, deriverebbe dal boemo *pist'aly*, piffero esplicita allusione alla brevità della canna.

In alto: *archetipo di bombardella-pistola.*

Congegni di accensione

La costruzione di armi da fuoco manesche, in pratica delle bombarde di piccola dimensione, o cannoncini a mano, implicò la soluzione del problema dell'accensione della polvere, il principale ostacolo che si frapponeva alla loro concreta realizzazione.

Per le artiglierie di maggiori dimensioni, l'esigenza fu soddisfatta trapanando la culatta fino all'anima, in modo da mettere in comunicazione tramite quel foro, detto focone, la polvere compressa all'interno, detta carica di lancio, con quella d'innesco all'esterno di grana più sottile, detta perciò polverino, deposta in piccola quantità dentro e sopra il focone stesso. Per incendiarla, provocando lo sparo dell'arma, bastava poggiarvi sopra un tizzone o, più di frequente, un attizzatoio rovente come nelle grosse bombarde, procedura che si confermò ancora praticabile, sia pure con difficoltà, nelle prime armi manesche, tali del resto solo perché trasportabili a mano. Ma allorquando l'arma divenne realmente manesca e, a imitazione della balestra, si iniziò a richiederle un minor tempo di attivazione e una migliore punteria, la situazione mutò drasticamente.

Per avere un'idea di quanto esasperante fosse a quel punto la procedura di sparo, basti pensare che prima di caricare un archibugio e più ancora un moschetto occorreva nettarne l'anima con lo scovolo, inserirvi la polvere e poi la palla, pressarle con una bacchetta bloccandole con la stoppa, per evitarne la fuoriuscita accidentale. Quindi, mantenendo la canna poco inclinata, si depositava il polverino sul focone. Esauriti i preliminari, si poggiava la canna sopra la forcella e presa la mira, finalmente si accostava un attizzatoio con la destra

Sotto: *ricostruzione assonometrica di archibugio a serpentino.*
In basso: *sparo di un archibugio.*

al serpentino, provocando lo sparo. Sempre ovviamente che non piovesse![16]

Quanto appena rievocato può considerarsi lo stimolo per l'evoluzione progressiva dei congegni di accensione, essendosi constato, oltre alla farraginosità della procedura, che impiegando braccio e mano destra riusciva impossibile impugnare saldamente l'arma e al contempo prendere la mira. Si escogitò perciò un surrogato meccanico dell'arto, una levetta a forma di S, da cui il nome di serpentino, che serrava tra le ganasce della sua estremità superiore uno spezzone di miccia. Questa, all'epoca, consisteva in una sottile corda impermeabilizzata con grasso, di canapa o di cotone spessa circa 5-6 mm, avvolta intorno a un filo di polvere pirica. La combustione, avvenendo con discreta lentezza, poco meno di un metro al minuto, garantiva perciò la persistenza della fiamma per il tempo necessario per prendere la mira. I miglioramenti del maneggio e della punteria che quel modesto congegno permise, provocarono di lì a breve lo spostamento del focone, che lasciò il suo posto ad una rudimentale tacca di mira.

Per tirare verso un particolare bersaglio, infatti, bisognava traguardarlo lungo la canna, per cui la stessa avrebbe dovuto inevitabilmente trovarsi con la culatta all'altezza dell'occhio e con la volata ben levigata e priva di risalti. Tuttavia, la combustione del polverino e la sfiammata dal focone, confermando i rischi e l'impedimento ottico che determinavano per la linea di mira, obbligarono a mutar sia la geometria dell'arma che il suo sistema di accensione. Il manico aguzzo, già trasformatosi in un teniere da imbracciarsi con la mano sinistra, fu sagomato in modo tale da insistere contro la spalla e non più contro il petto, offrendo così una maggiore resistenza all'accresciuto rinculo. Inoltre per il notevole allungamento della parte posteriore, il focone si ritrovò quasi al centro dell'arma, quindi a discreta

16 Precisa tuttavia M. HOWARD, *La guerra e le armi…*, cit., pp. 61-62: *"All'inizio del Cinquecento l'archibugio cedette il passo al lungo e pesante moschetto. Quest'ultimo presentava lo svantaggio di richiedere una forcella come appoggio intermedio ed un lento e complicato maneggio per caricare a far fuoco; ma spara una palla capace di sfondare l'armatura più pesante a 250 metri e quindi era prezioso contro una carica di cavalleria."* Chi seppe meglio sfruttare le potenzialità della moschetteria furono gli Spagnoli. Alla battaglia di Cerignola, 28 aprile 1503, stando ad una fonte di poco posteriore: *"Consalvo avrebbe addirittura disposto che uno scaglione di ottocento archibugieri tirasse sul nemico 'de ducientos en ducientos' ossia su quattro righe, con scariche successive, un anticipo del tiro a raffica su più file, comune ai vari eserciti europei a partire dal XVII secolo."* Da S. MASINI, G. ROTASSO, *Dall'archibugio…*, cit. p. 30.

Sotto: *ricostruzione assonometrica di archibugio a serpentino.*
In basso: *sparo di un archibugio.*

al serpentino, provocando lo sparo. Sempre ovviamente che non piovesse![16]

Quanto appena rievocato può considerarsi lo stimolo per l'evoluzione progressiva dei congegni di accensione, essendosi constato, oltre alla farraginosità della procedura, che impiegando braccio e mano destra riusciva impossibile impugnare saldamente l'arma e al contempo prendere la mira. Si escogitò perciò un surrogato meccanico dell'arto, una levetta a forma di S, da cui il nome di serpentino, che serrava tra le ganasce della sua estremità superiore uno spezzone di miccia. Questa, all'epoca, consisteva in una sottile corda impermeabilizzata con grasso, di canapa o di cotone spessa circa 5-6 mm, avvolta intorno a un filo di polvere pirica. La combustione, avvenendo con discreta lentezza, poco meno di un metro al minuto, garantiva perciò la persistenza della fiamma per il tempo necessario per prendere la mira. I miglioramenti del maneggio e della punteria che quel modesto congegno permise, provocarono di lì a breve lo spostamento del focone, che lasciò il suo posto ad una rudimentale tacca di mira.

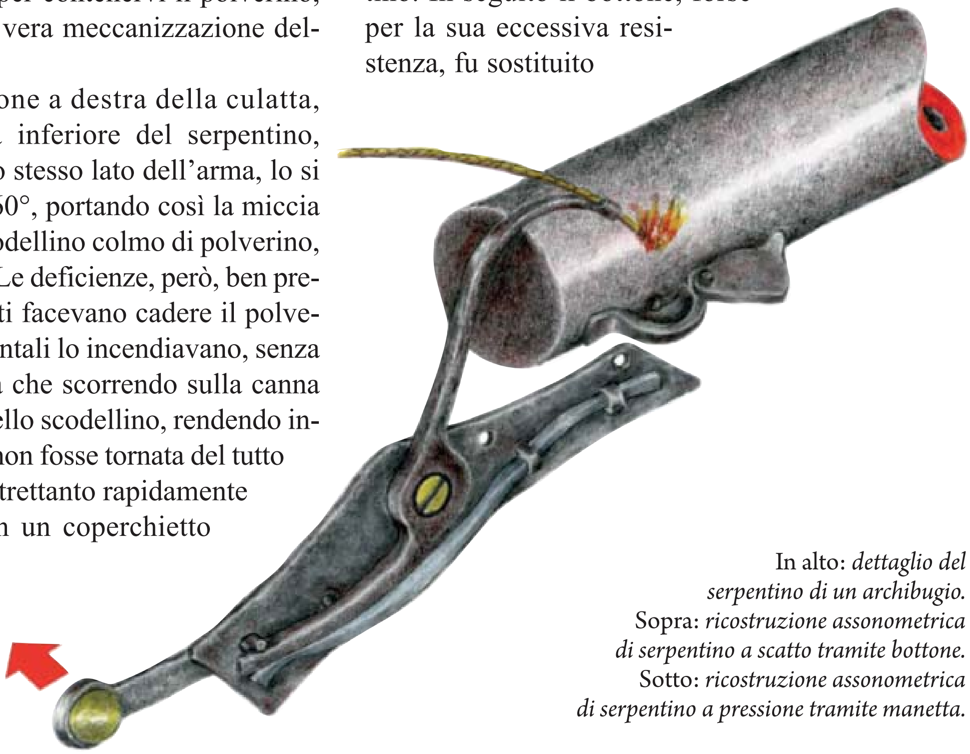
Per tirare verso un particolare bersaglio, infatti, bisognava traguardarlo lungo la canna, per cui la stessa avrebbe dovuto inevitabilmente trovarsi con la culatta all'altezza dell'occhio e con la volata ben levigata e priva di risalti. Tuttavia, la combustione del polverino e la sfiammata dal focone, confermando i rischi e l'impedimento ottico che determinavano per la linea di mira, obbligarono a mutar sia la geometria dell'arma che il suo sistema di accensione. Il manico aguzzo, già trasformatosi in un teniere da imbracciarsi con la mano sinistra, fu sagomato in modo tale da insistere contro la spalla e non più contro il petto, offrendo così una maggiore resistenza all'accresciuto rinculo. Inoltre per il notevole allungamento della parte posteriore, il focone si ritrovò quasi al centro dell'arma, quindi a discreta

16 Precisa tuttavia M. HOWARD, *La guerra e le armi…*, cit., pp. 61-62: *"All'inizio del Cinquecento l'archibugio cedette il passo al lungo e pesante moschetto. Quest'ultimo presentava lo svantaggio di richiedere una forcella come appoggio intermedio ed un lento e complicato maneggio per caricare a far fuoco; ma spara una palla capace di sfondare l'armatura più pesante a 250 metri e quindi era prezioso contro una carica di cavalleria."* Chi seppe meglio sfruttare le potenzialità della moschetteria furono gli Spagnoli. Alla battaglia di Cerignola, 28 aprile 1503, stando ad una fonte di poco posteriore: *"Consalvo avrebbe addirittura disposto che uno scaglione di ottocento archibugieri tirasse sul nemico 'de ducientos en ducientos' ossia su quattro righe, con scariche successive, un anticipo del tiro a raffica su più file, comune ai vari eserciti europei a partire dal XVII secolo."* Da S. MASINI, G. ROTASSO, *Dall'archibugio…*, cit. p. 30.

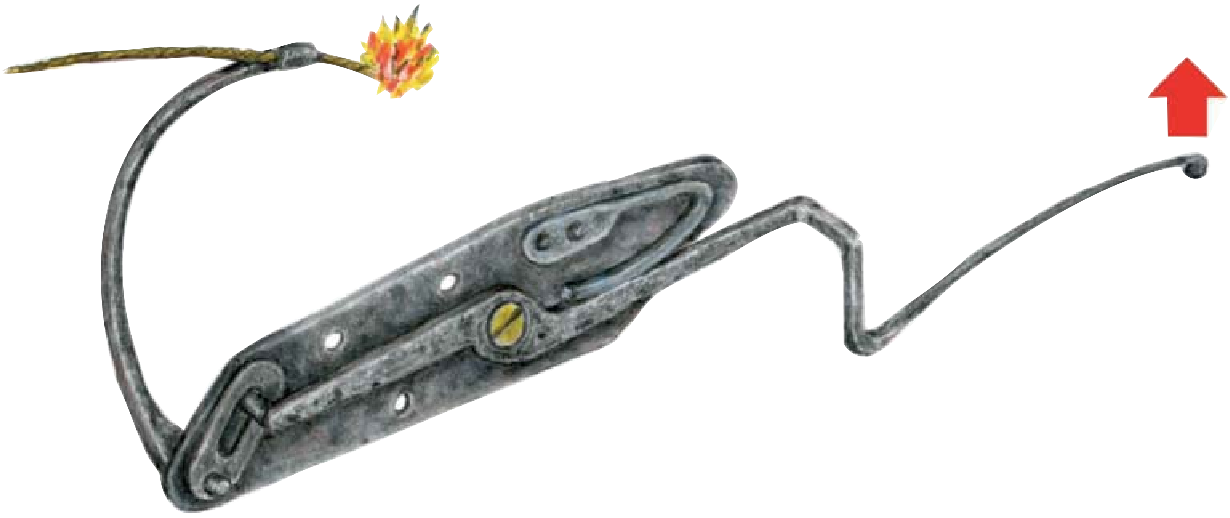
distanza dal volto, e per evitare che ostacolasse la mira lo si posizionò sul fianco destro della culatta, deve venne saldato una sorta di scodellino, simile in realtà a un cucchiaino, per contenervi il polverino, dando così l'avvio alla vera meccanizzazione dell'accensione.

Riposizionato il focone a destra della culatta, agendo sulla estremità inferiore del serpentino, anche lui collocato sullo stesso lato dell'arma, lo si faceva ruotare di circa 60°, portando così la miccia fiammeggiante nello scodellino colmo di polverino, facendo sparare l'arma. Le deficienze, però, ben presto si palesarono: gli urti facevano cadere il polverino, e le scintille accidentali lo incendiavano, senza contare l'acqua piovana che scorrendo sulla canna si raccoglieva proprio nello scodellino, rendendo inservibile l'arma, finché non fosse tornata del tutto asciutta. Il rimedio fu altrettanto rapidamente escogitato e consisté in un coperchietto mobile azionabile a mano: facendolo ruotare verso la culatta chiudeva lo scodellino, vi conservava la polvere d'innesco preservandola dalla pioggia, consentendo perciò di tenere l'arma carica per ore, pronta a sparare non appena accesa la miccia si fosse riaperto lo scodellino.

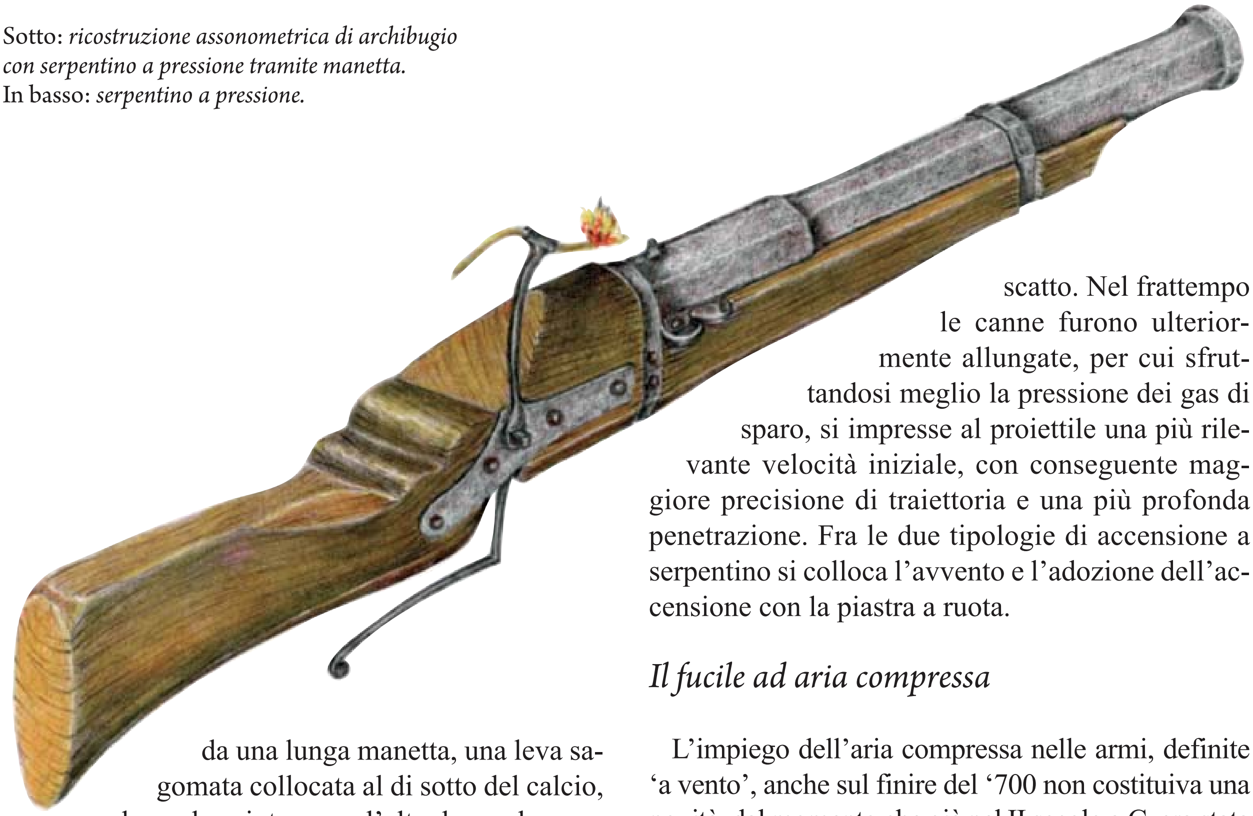
L'accensione a serpentino, senza dubbio pratica ed economica, presentava il grave rischio di non aver una grande inerzia a riposo, potendo ruotare da sola, specialmente dopo prolungato impiego, al mutare dell'inclinazione dell'arma. Fu studiato ed adottato, pochi decenni dopo, un congegno per l'azionamento a scatto: consisteva in una molla che, liberata da un apposito comando inizialmente a forma di bottone, provocava la rotazione del serpentino. In seguito il bottone, forse per la sua eccessiva resistenza, fu sostituito



In alto: *dettaglio del serpentino di un archibugio.*
Sopra: *ricostruzione assonometrica di serpentino a scatto tramite bottone.*
Sotto: *ricostruzione assonometrica di serpentino a pressione tramite manetta.*



Sotto: *ricostruzione assonometrica di archibugio con serpentino a pressione tramite manetta.*
In basso: *serpentino a pressione.*



da una lunga manetta, una leva sagomata collocata al di sotto del calcio, la quale spinta verso l'alto da una leggera pressione, faceva scendere il serpentino nello scodellino. Una molla antagonista manteneva la manetta sempre nella medesima posizione, e ve la riportava dopo ogni tiro. Il coperchietto, nei modelli migliori, lo si fece aprire dalla stessa manetta, pochi istanti prima che il serpentino vi si abbassasse di scatto. Nel frattempo le canne furono ulteriormente allungate, per cui sfruttandosi meglio la pressione dei gas di sparo, si impresse al proiettile una più rilevante velocità iniziale, con conseguente maggiore precisione di traiettoria e una più profonda penetrazione. Fra le due tipologie di accensione a serpentino si colloca l'avvento e l'adozione dell'accensione con la piastra a ruota.

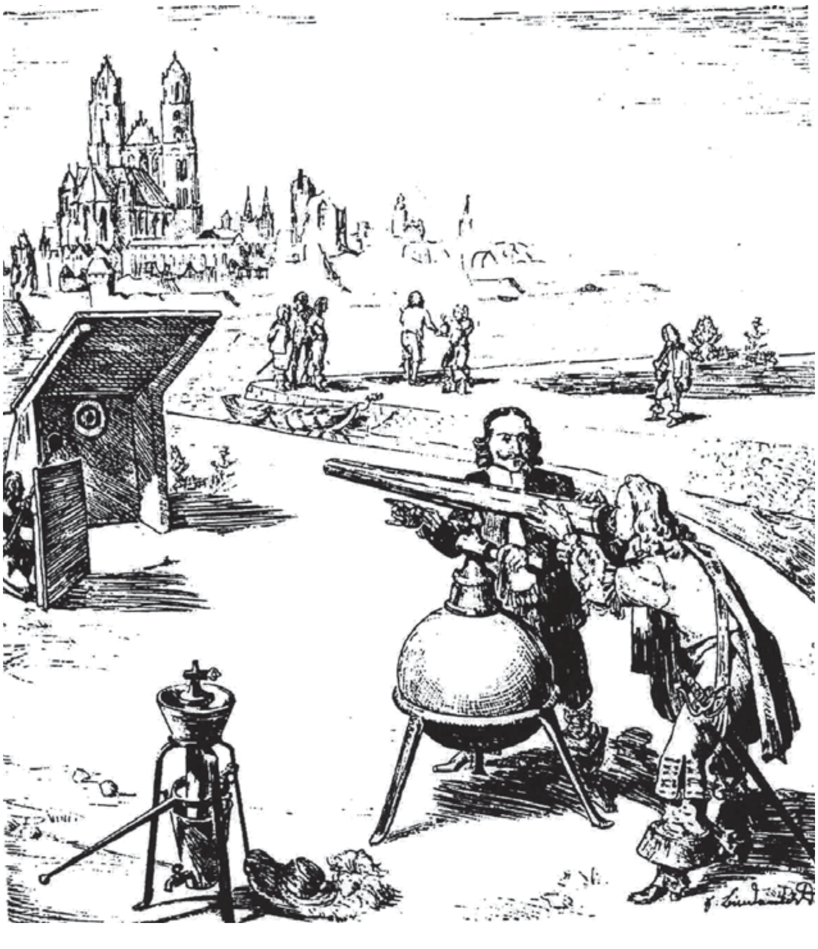
Il fucile ad aria compressa

L'impiego dell'aria compressa nelle armi, definite 'a vento', anche sul finire del '700 non costituiva una novità, dal momento che già nel II secolo a.C. era stata costruita una balista azionata dall'aria compressa.[17] Intorno al 1780 un orologiaio nonché inventore ampez-

17 Al riguardo cfr. F. RUSSO, F. RUSSO, *Tormenta navalia. Le artiglierie navali romane,* supplemento Rivista Marittima n° 6, Giugno 2007, pp. 106-117.

zano, Bartolomeo Gilardoni, 1744-1799, riuscì a realizzare un fucile nel quale l'aria, alla pressione di circa 200 atm[18] contenuta in apposite bombole che si avvitavano al calcio, sparava nella versione militare proiettili del calibro di 13 mm e in quella civile di 10.5 mm. Nella prima l'arma aveva un lunghezza di 122 cm per un peso di appena 4.5 kg e disponeva di due bombole che erano mantenute sempre cariche per essere in ogni momento pronte all'uso. Le pallottole, in numero di 20, erano a loro volta alloggiate in un caricatore di forma tubolare, disposto a fianco della canna a contorno ottagonale, in acciaio brunito con l'anima solcata da 12 righe. Tirando il grilletto si apriva un valvola che consentiva a un getto d'aria di espellere la pallottola, dall'esito letale fino a 110 m.

Al pari di tutte le armi ad aria compressa anche il fucile di Gilardoni dopo i primi 10 colpi perdeva vistosamente di potenza, riducendo perciò la gittata utile. Nonostante ciò i suoi vantaggi, dal punto di vista militare erano cospicui, potendo funzionare egregiamente sotto la pioggia battente, senza una scorta sempre pericolosa di polvere pirica e, soprattutto, non emettendo lampi nel buio e tuoni nel silenzio, giustificando perciò la sua adozione da parte di un esercito regolare, ma anche la sua inclusione fra le armi insidiose. La produzione per l'esercito austriaco iniziò nel 1780 e sette anni dopo circa 1000 esemplari del mod. 1780 erano nell'arsenale di Vienna. L'anno successivo scoppiata la guerra con la Turchia, 20 soldati più un caporale, per ognuno dei 34 battaglioni in linea, vennero dotati del fucile ad aria compressa. Nonostante i risultati non brillanti, in data 13 marzo 1790 venne istituito un corpo speciale, gli Jaeger Tirolesi, da equipaggiarsi con quei fucili, che per una serie di circostanze, e forse anche per una eccessiva complessità dell'arma, in realtà non vennero mai usati e dal 1801 furono dismessi.



18 In merito cfr. W. REID, *La scienza delle armi dall'età della pietra ai nostri giorni*, Milano 1979, pp. 149-150.

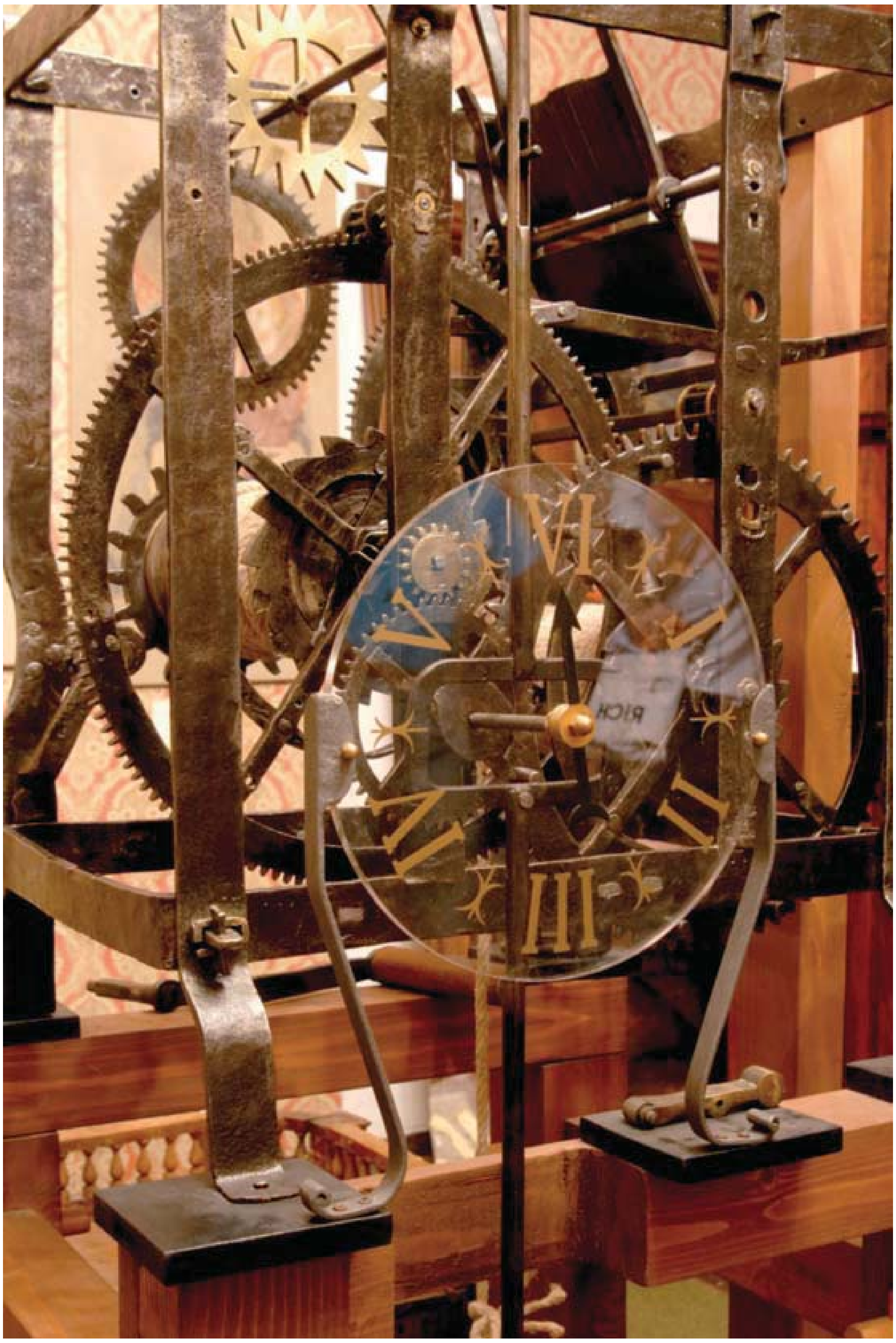
In alto e al centro: *fucile ad aria compressa Gilardoni e sua dotazione.*
A fianco: *stampa dell'inizio del XVIII secolo raffigurante una grossa arma ad aria compressa.*

Misurare

L'orologio a molla

Tra gli strumenti di misura più importanti inventati in Età moderna vi furono senza dubbio gli orologi a pendolo e a molla, i primi di notevole precisione, i secondi trasportabili e portatili. Per avere una idea del ruolo svolto dagli stessi basti pensare che con la determinazione dell'ora esatta fu possibile calcolare la longitudine e stabilire univocamente un punto in terra e in mare, operazione fino ad allora preclusa. La navigazione poté perciò non solo avvalersi di carte nautiche puntuali ma anche seguire rotte con assoluta aderenza, consentendo così viaggi e imprese mai neppure tentate prima. Come pure tornò possibile misurare con grande precisione la velocità di un mobile, un proietto o persino un suono, scoprendo così le relative funzioni che le descrivevano. L'orologio meccanico, che fece il suo debutto intorno al XIII secolo, comunicò per la prima volta, in modo collettivo ed indipendente dalla visibilità del sole, la quantità di giornata trascorsa. L'aggiunta della suoneria, per lo più ottenuta con rintocchi di campane, ne ampliò la percezione, consentendo di conoscere l'ora anche a chi intento al lavoro, nei campi o nelle officine, o semplicemente al riposo notturno. Il raggio di condivisione si estese così quasi a 5-6 km, ponendo fine all'approssimazione vigente da secoli. Indubbiamente l'impiego di un identico sistema meccanico mosso dalla discesa di un peso (due o più dopo l'adozione della suoneria) ridusse l'escursione fra i tanti strumenti e rese l'orario se non sincrono di tollerabile scarto. La precisione, comunque, restava talmente bassa da fornire la sola indicazione delle ore e così approssimata da richiedere che una singolare figura professionale, il 'temporatore', attiva fino al XIX secolo, si incaricasse di correggere gli scarti tramite l'impiego di una meridiana, a ogni ricaricamento dell'orologio sollevandone i pesi. L'altezza dei campanili in cui erano istallati, garantendo a quei primi orologi autonomie di alcuni giorni, lascia presumere un identico intervallo per la messa ad ora, con attendibilità intermedie immaginabili.

L'orologio da campanile si impose in breve per l'utilità e per la robusta semplicità e, stando agli studiosi fu tratto dagli 'svegliarini' monastici, conservandone tra l'altro l'assoluta inamovibilità: nessun problema finché serviva alle comunità religiose o sociali, ma assolutamente inutile per mezzi in movimento. La fune del peso, infatti, doveva risultare verticale e perpendicolare al tamburo su cui era avvolta,



Sopra e nella pagina a fianco: *macchina di orologio medievale da campanile.*

strante, proprio per l'utilità che nel frattempo si era ritagliata l'orologio: tutti regolavano ormai la loro quotidianità sulla scansione delle ore ma, paradossalmente, nessuno era in grado di farlo durante il trasferimento, breve o lungo che fosse, da un luogo all'altro!

Per noi conoscere l'orario in viaggio costituisce una prassi tanto ricorrente da aver fatto includere un orologio fra gli strumenti indispensabili del cruscotto delle nostre autovetture, per cui stentiamo a credere che fin quasi al '500 durante gli spostamenti solo dall'altezza del sole se ne potesse avere una sia pur vaga idea. Ma dal punto di vista tecnico, per essere mobile durante il funzionamento un orologio non deve minimamente risentire delle oscillazioni del veicolo quale che ne sia l'entità né influenzato dalla sua inclinazione. Una macchina isotropa per la gravità!

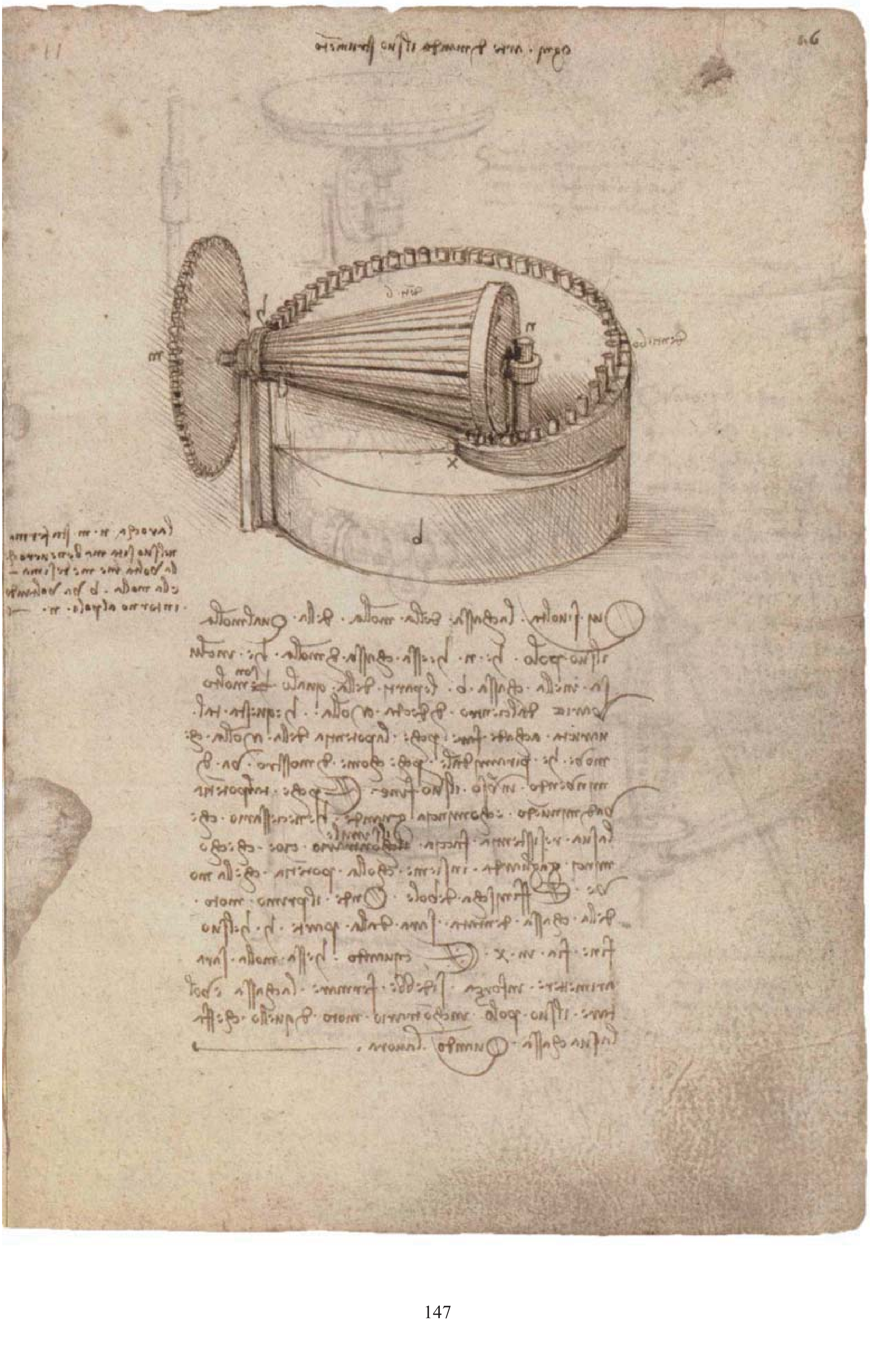
Va subito precisato, tuttavia, che l'orologio mobile non coincide affatto con quello trasportabile, e neppure con quello portatile. A differenza di quello da campanile, lo svegliarino era trasportabile, tant'è che trasportato in un altro convento e fissato a una parete, riprendeva a funzionare, ma si arrestava durante lo spostamento, a differenza dell'orologio mobile che verrà così definito proprio perché garantiva la sua prestazione anche in movimento, terrestre o navale che fosse. Affinché un siffatto orologio, però, divenisse anche portatile, oltre alle esigenze meccaniche appena ricordate, richiedeva pure che ne fossero sensibilmente ridotti l'ingombro e il peso, in modo tale da non riuscire di impaccio a chi se ne dotava. Per attualizzare sono orologi portatili i nostri da polso o da tasca; mobili quelli da quadro o da scrivania; e

impedendo altrimenti il corretto funzionamento del congegno. Sui carri e soprattutto sulle navi, perciò, la determinazione dello scorrere del tempo rimase preclusa, nonostante l'indubbia rilevanza che sarebbe derivata dalla sua conoscenza: basti pensare che fino a pochi decenni or sono la longitudine si poteva calcolare solo dalla differenza fra l'ora locale e quella del luogo di partenza, conservata da un orologio ovviamente di alta precisione. La deficienza, nei primi tempi trascurabile divenne sempre più fru-

Sopra: *svegliarino monastico.*
In alto, a destra: *molla a nastro per orologio con accanto il barilotto contenitore e molle elicoidali.*
Nella pagina a fianco: *Leonardo da Vinci, cod. Madrid I, fol. 16 recto, studi sulla compensazione delle molle.*

soltanto trasportabili quelli elettrici alimentati dalla rete o da una fonte di energia fissa. Non a caso fu proprio l'indisponibilità di un'alimentazione non fissa a costituire a lungo il maggiore ostacolo frapposto alla trasformazione dell'orologio da trasportabile a mobile e quindi a portatile. Sul finire del XIV secolo la soluzione fu finalmente trovata: la molla. Per la verità non era in assoluto una novità stravolgente ma il mero perfezionamento di un'invenzione, un modestissimo dispositivo meccanico la cui origine si perdeva nell'antichità. Rozze molle metalliche si ritrovano nella più remota Età classica, del resto nessuna serratura avrebbe potuto chiudere senza di esse, nessuna trappola scattare, nessuna arma da lancio scoccare!

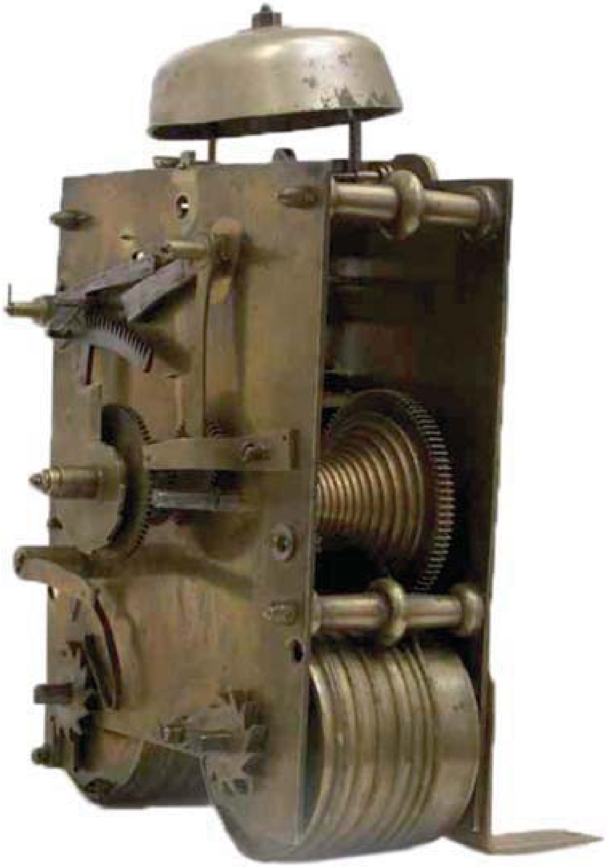
La molla medievale fu ottenuta da un filo o da una lamina di acciaio avvolti a spire, rispettivamente affiancate o sovrapposte, per cui deformate fornivano una discreta energia per tornare alla forma originaria. Nel primo caso si aveva, e si continua ad avere, una molla a nastro, tipica quella delle sveglie o degli avvolgibili, nel secondo una molla elicoidale, tipica quella dei materassi o degli ammortizzatori. Il moto fornito dalla prima è una rotazione, dalla seconda una trazione: al di là di questa basilare differenza, in entrambi i casi si tratta della restituzione dell'energia elastica spesa per deformarle, operazione chiamata volgarmente carica. Anche negli orologi da parete si aveva la restituzione dell'energia cinetica, spesa per caricarli sollevando il peso, durante la sua discesa per effetto della gravità fino al suolo, o al termine della corda a cui era sospeso. In teoria, pertanto, si sarebbe potuto alimentare il meccanismo dell'orologio non con la forza esercitata dalla discesa del peso ma con quella di ritorno di una molla. In pratica, però, fra le due esisteva una netta differenza che ne impedì a lungo la sostituzione: mentre il peso via via che scendeva esercitava sempre la stessa forza, la molla via via che recuperava la forma originaria ne esercitava sempre di meno! I lettori più anziani, al pari di chi scrive, ricorderanno i giocattoli a molla, ai quali occorreva 'dare la corda', cioè caricarne la molla avvolgendola con una apposita chiavetta, per vederli muovere, moto che presto scemava fino all'arresto.



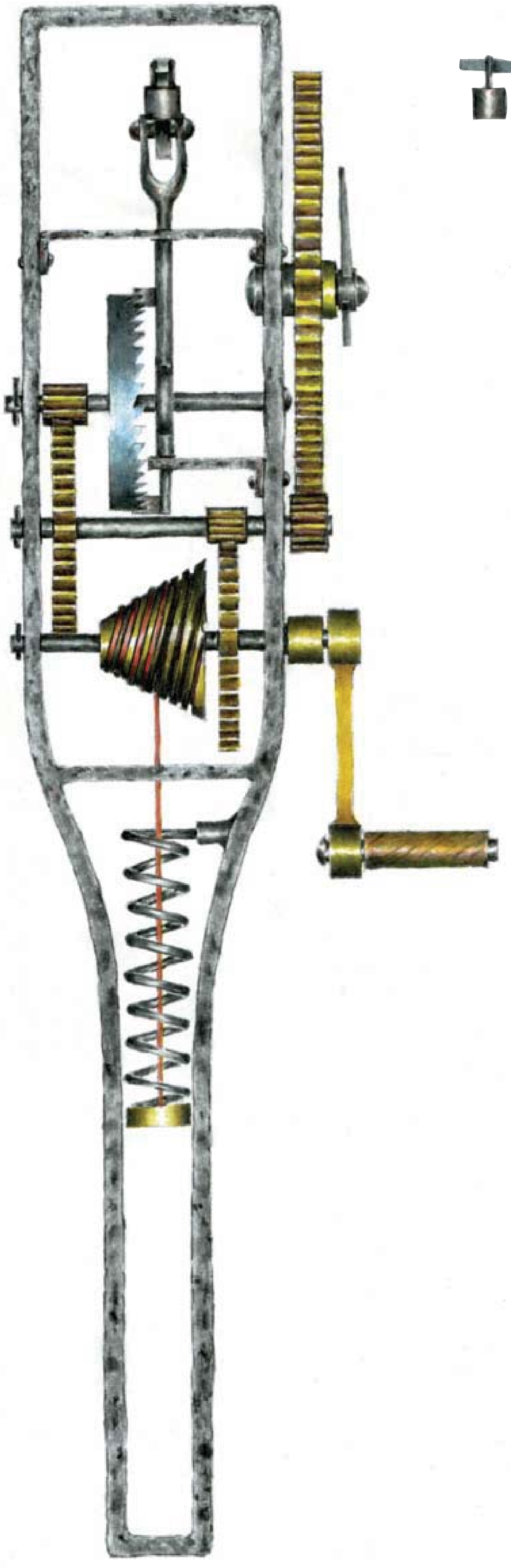
Per poter utilizzare una molla in un orologio, pertanto, occorreva preliminarmente compensare tale variazione, rendendone quasi costante la forza elargita. Il dispositivo che lo permise fu l'invenzione che, rendendo possibile l'impiego della molla nell'orologeria, consentì la costruzione di orologi mobili e poi portatili, gli archetipi di tutti i nostri meccanici da polso. Dell'invenzione s'ignora l'artefice e la presenza del suo criterio informatore in numerosi taccuini di ingegneri rinascimentali ne frustra l'accertamento della paternità, lasciando propendere per una comune fonte più antica e a noi ignota. Di-

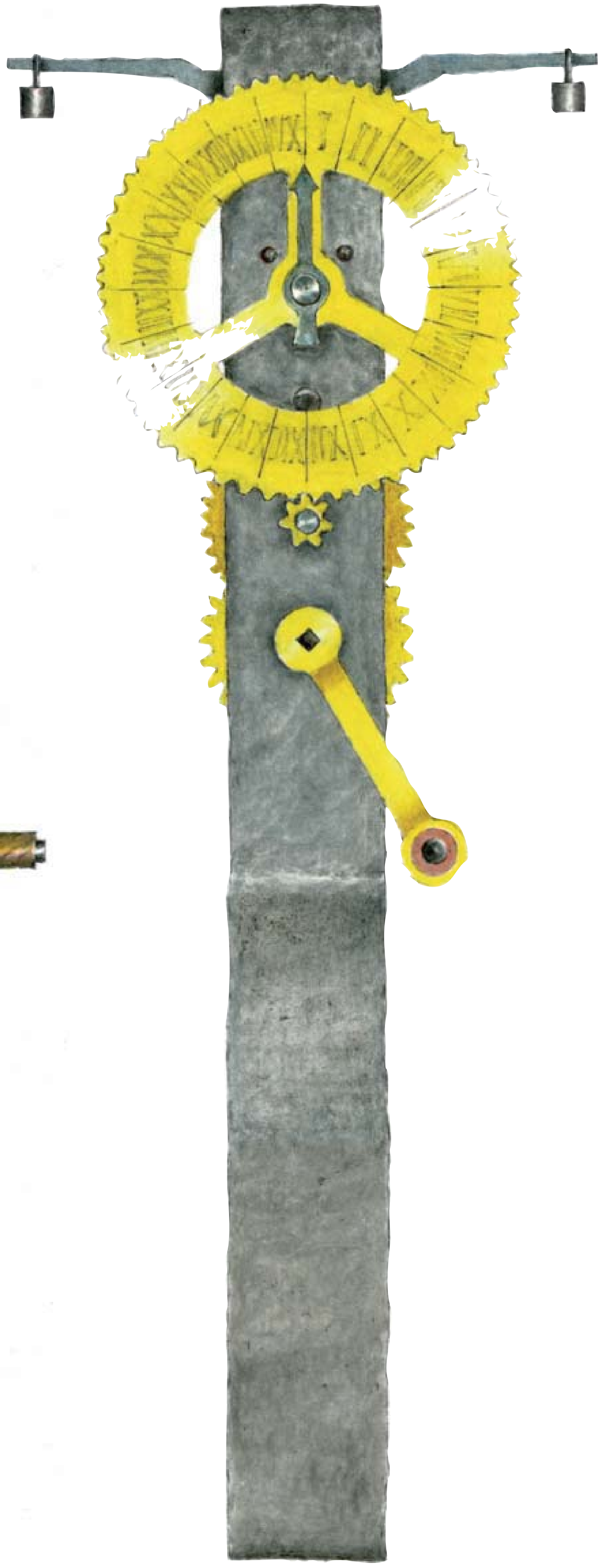
versamente dai giocattoli ricordati, la molla dell'orologio non doveva srotolarsi rapidamente né con l'intera potenza erogabile, ma avvenire, invece, lentissimamente e per scatti progressivi in maniera d'elargire delle piccole dosi energetiche, possibilmente sempre uguali fra loro, compito precipuo dello scappamento. Allo scopo la forza della molla fu applicata tramite una corda a una sorta di cono scanalato, partendo dal suo diametro minore per concludersi sul maggiore. La forza applicata decrescente, fornita dal ritorno della molla, sarebbe stata perciò compensata dalla leva crescente, il raggio del cono nel punto di contatto, esercitando per conseguenza una trazione pressoché costante. In termini tecnici la diminuzione della forza motrice veniva in tal modo controbilanciata dall'aumento del braccio della forza. In base alla sua connotazione geometrica, il dispositivo fu chiamato conoide, e consisteva in un cono di bronzo sulla cui superficie esterna era inciso un solco a spirale, simile alla trottola a strappo di fanciullesca memoria. Nella scanalatura si avvolgeva la corda proveniente, per la molla a nastro, dal barilotto che la conteneva e da lei fatto girare; per quella elicoidale, dall'alloggiamento in cui si allungava o contraeva.

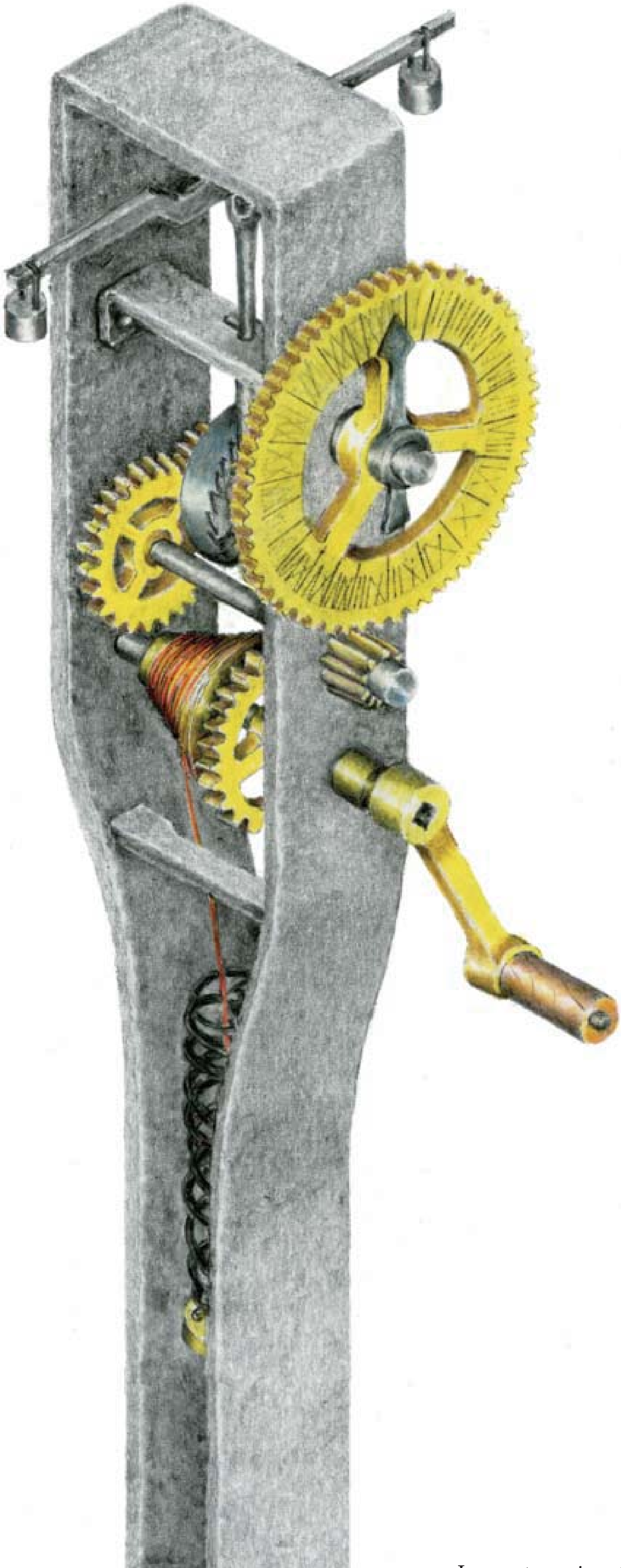
Del conoide iniziò a parlarne, per quanto oggi sappiamo, già Filippo Brunelleschi (1377-1446), ma fu senza dubbio Mariano di Jacopo, detto il Taccola, (1382-1453) ad occuparsene, utilizzandolo per la costruzione di un primo orologio mobile a molla del quale ci ha lasciato un dettagliato schizzo. Quanto all'orologio portatile bisogna attendere il 1525, quando dopo l'invenzione del bilanciere a ruota fu finalmente realizzato, come gli esemplari di forma sferica detti anche 'uova di Norimberga', la cui precisione era ben lontana da quella che garantirà l'orologio a pendolo.

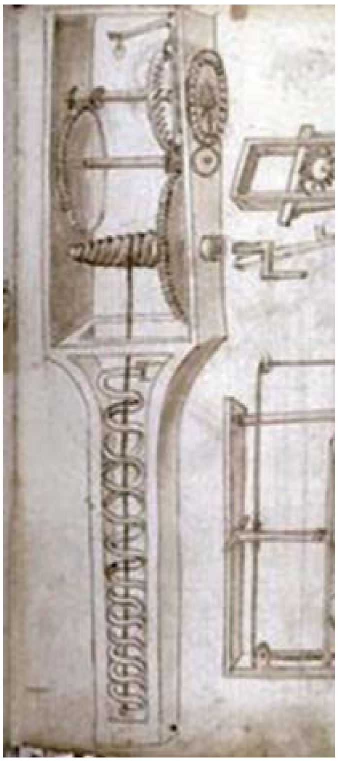


Nella pagina a fianco: *un conoide per orologeria con a fianco il contenitore cilindrico della molla.*
Sopra: *conoide e bariletto in un'antica macchina d'orologio.*
In basso, a sinistra: *un bilanciere con spirale per orologio a molla.*
Sotto: *un cosiddetto uovo di Norimberga, uno dei primi orologi tascabili meccanici.*







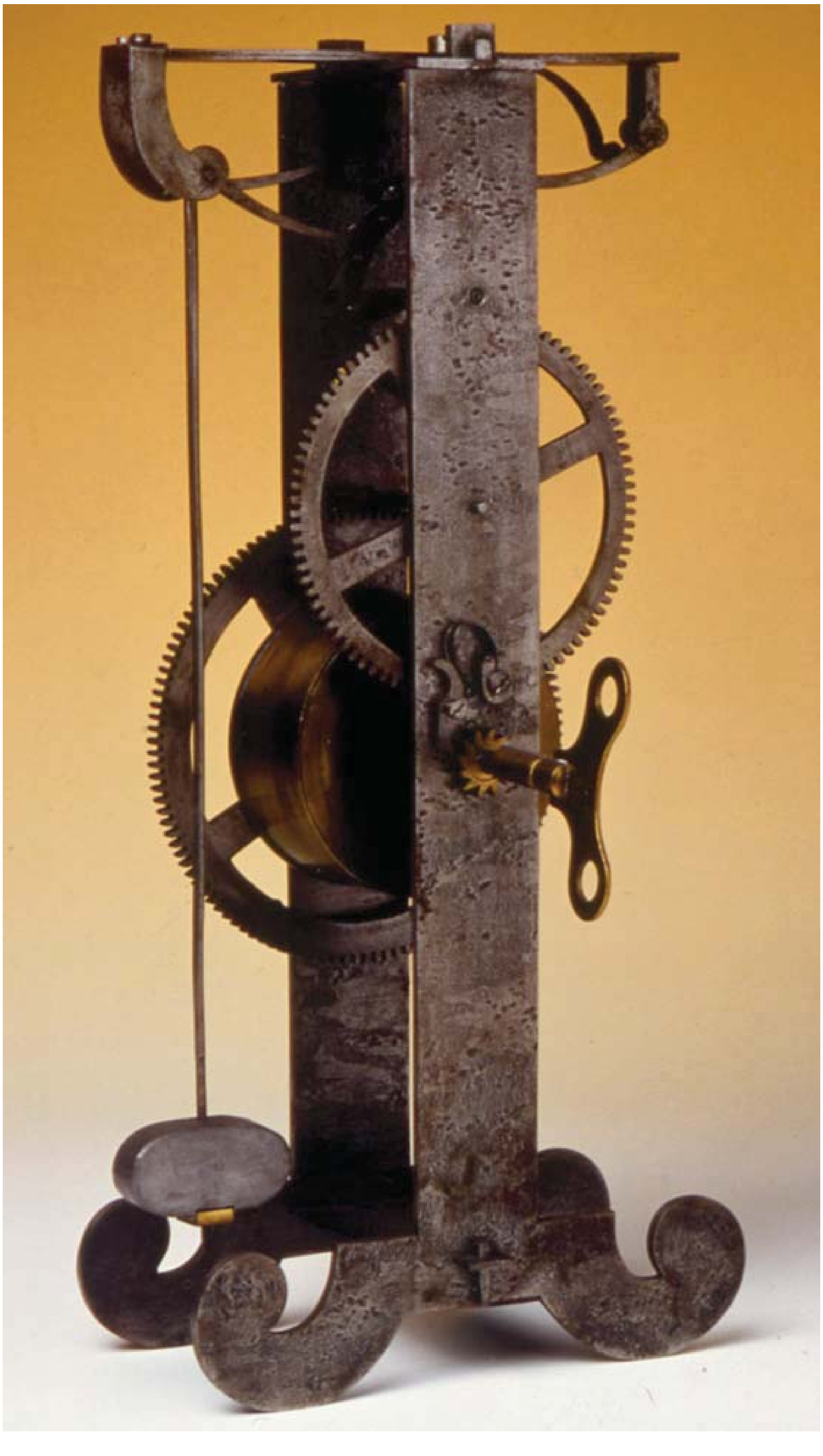


In queste pagine: *tavola originale e ricostruzione grafica in pianta, prospetto laterale ed assonometria dell'orologio del Taccola.*

L'orologio a pendolo

Fu senza dubbio Galileo Galilei a studiare la regolarità delle oscillazioni di un pendolo, ma non per questo fu poi anche l'inventore dell'orologio a pendolo, realizzato e brevettato nel 1656 da Christiaan Huygens, che ne avviò la produzione appena l'anno successivo, avvalendosi di orologiai olandesi, con un rapido successo mercantile. Per la verità nel 1641 si sa di un tentativo di costruzione effettuato su suo suggerimento dal figlio Vincenzo, ma la morte dello scienziato avvenuta in quello stesso anno ne rallentò l'approntamento e quando nel 1649 l'orologio era ormai pressoché ultimato una morte prematura portò via anche Vincenzo. Della vicenda abbiamo esatta contezza tramite una lettera di Vincenzo Viviani indirizzata in data 20 agosto 1659 a Leopoldo de' Medici, che così la riassunse:

> *"...Si pose il Galileo a speculare intorno al suo misurator del tempo; et un giorno del 1641, quando io dimorava appresso di lui nella villa d'Arcetri, sovviemmi che gli cadde in concetto che si saria potuto adattare il pendolo agl'oriuoli di contrapesi e da molla con valersene in vece del solito tempo, sperando che il moto egualissimo e naturale d'esso pendolo avesse a corregger tutti i difetti dell'arte in essi oriuoli. Ma perché l'essere privo di vista gli toglieva il poter fare disegni e modelli, a fine d'incontrare quell'artifizio che più proporzionato fosse all'effetto concepito, venendo un giorno di Firenze in Arcetri il detto Sig.r Vincenzio suo figliolo, gli conferì il Galileo il suo pensiero, e di poi più volte vi fecero sopra vari discorsi, e finalmente stabilirono il modo che dimostra il quì aggiunto disegno, e di metterlo intanto in opera per venire in cognizione del fatto di quelle difficoltà, che il più delle volte nelle macchine con la semplice speculativa non si sogliono prevedere. Ma perché il Sig.r Vincenzio intendeva di fabbricar lo strumento di propria mano, acciò questo per mezzo de gl'artefici non si divul-*

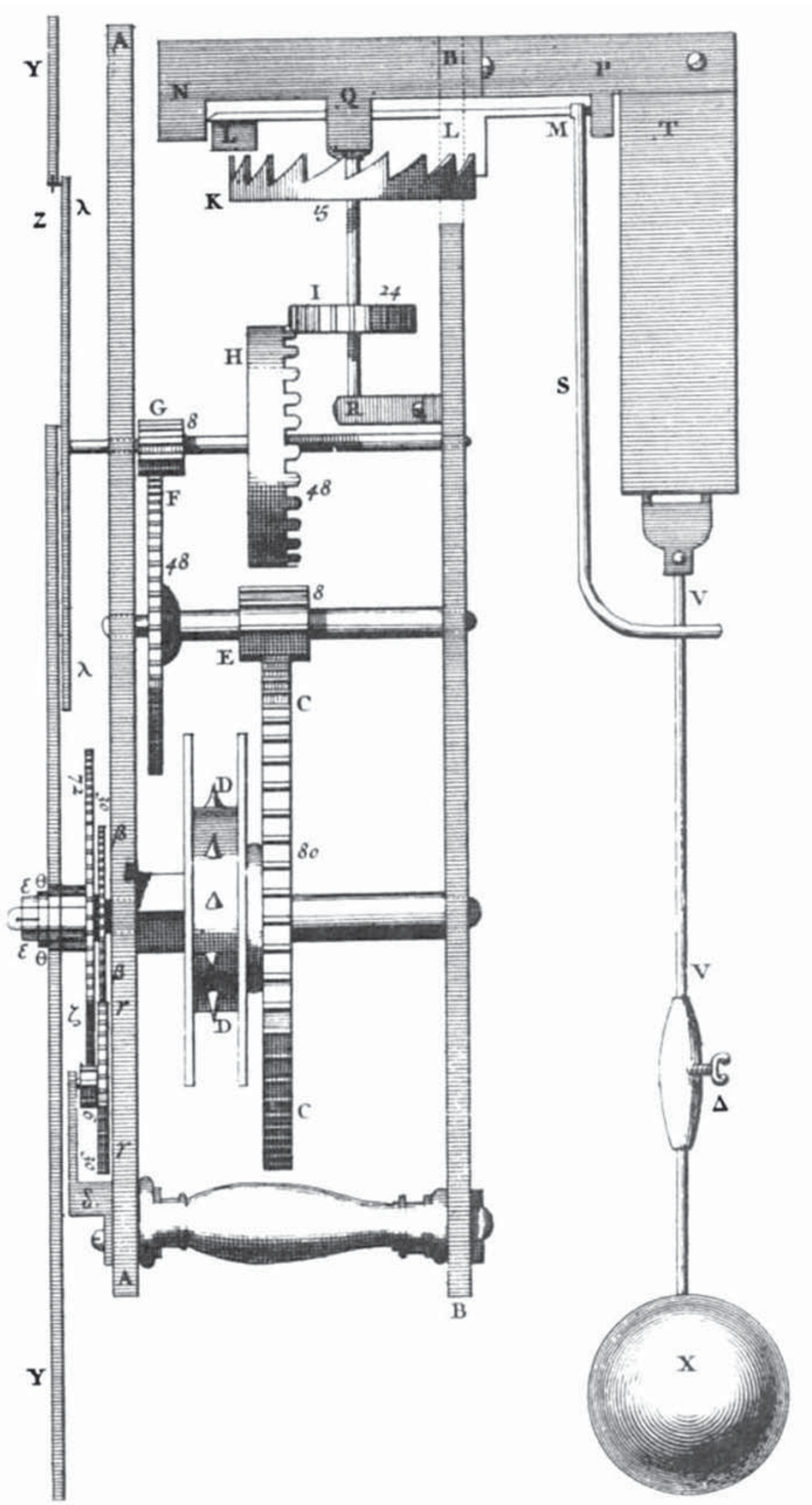


gasse prima che fosse presentato al Ser.mo Gran Duca suo Signore et appresso alli Signori Stati per uso della longitudine andò differendo tanto l'esecuzione che indi a pochi mesi il Galileo, autore di tutte queste ammirabili invenzioni, cadde ammalato et a gl'8 di Gennaio 1641 Ab Inc.ne mancò di vita, per lo che si raffreddarono tanto i fervori del Sig.r Vincenzio, che non prima del mese di Aprile del 1649 intraprese la fabbrica del presente oriuolo, sul concetto somministratoli già, me presente, dal Galileo suo padre. Procurò dunque d'avere un giovane, che vive ancora, chiamato Domenico Balestri, magnano in quel tempo al Pozzo dal Ponte Vecchio, il quale aveva qualche pratica nel lavorar grandi oriuoli di muro, e da esso fecesi fabbricare il telaio di ferro, le ruote con i loro fusti e rocchetti, senza intagliare, et il restante lavorò di propria mano, facendo nella ruota più alta, detta delle tacche, n.° 12 denti, con altrettanti pironi scompartiti in mezzo tra dente e dente e col rocchetto nel fusto di n:° 6, et altra ruota che muove la sopradetta di n:° 90. Fermò poi da una parte del bracciuolo, che fa la croce al telaio, la chiave o scatto che posa su detta ruota superiore e dall'altra impernò il pendolo, che era formato d'un filo di ferro nel quale stava infilata una palla di piombo che vi poteva scorrere a vite, a fine d'allungarlo o scorciarlo secondo il bisogno d'aggiustarlo con un contrapeso. Ciò fatto, volle il Sig.r Vincenzio che io (come quegli che era consapevole di quest'invenzione, e che l'avevo ancora stimolato ad effettuarla) vedessi così per prova e più d'una volta, come pur vedde ancora il suddetto artefice, la congiunta operazione de contrapeso e del pendolo: il quale stando fermo tratteneva il discender di quello, ma sollevato in fuori e lasciato poi in libertà, nel passare oltre al perpendicolo, con la più lunga delle due code annesse all'impernatura del dondolo, alzava la chiave che posa e incastra nella ruota delle tacche, la qual tirata dal contrapeso, voltandosi con le parti superiori verso il dondolo, con uno dei suoi pironi calcava per disopra l'altra codetta più corta, e le dava nel principio del suo ritorno uno impulso tale che serviva d'una certa accompagnatura al pendolo che lo faceva sollevare fin all'altezza donde s'era partito; il qual, ricadendo naturalmente, e trapassando il perpendicolo, tornava a sollevare la chiave, e subito la ruota delle tacche in vigor del contrapeso ripigliava il suo moto seguendo a volgersi e spignere col pirone susseguente il detto pendolo, e così in un certo modo si andava perpetuando l'andata e tornata del pendolo fino a che il peso poteva calare a basso. Esaminammo insieme l'operazione, intorno alla quale varie difficoltà ci sovvennero, che tutte il Sig.r Vincenzio si prometteva di superare: anzi stimava di potere in diversa forma e con altre invenzioni adattare il pendolo all'oriuolo: ma da che l'aveva ridotto a quel grado, voleva pur finirlo su l'istesso concetto che n'addita il disegno, con l'aggiunta delle mostre per le ore e minuti ancora: perciò si pose ad intagliar l'altra ruota dentata. Ma in questa insolita fatica sopraggiunto da febbre acutissima, gli convenne lasciarla imperfetta e nel giorno XXII del suo male, alli 16 di Maggio del 1649, tutti gl'oriuoli più giusti, insieme con questo esattissimo misurator del tempo, per lui si guastarono e si fermarono per sempre, trapassando egli (come creder mi giova) a misurar, godendo nell'Essenza Divina, i momenti incomprensibili dell'eternità".[19]

Dal punto di vista tecnico, la componente fondamentale di tale orologio è il pendolo, in sostanza una massa sospesa tramite un'asta a un fulcro: dipendendo la durata di ogni oscillazione dalla lunghezza dell'asta, la massa, per lo più di forma lenticolare, poteva scorrere sull'asta consentendo la taratura dell'orologio. Per la stessa ragione variando con la temperatura la lunghezza dell'asta la si realizzò composta con leghe a basso coefficiente di dilazione, o con verghe di diversi metalli montandole ad allungamento contrapposto per ridurre al minimo le influenze sulla precisione. Un ingegnoso dispositivo, inventato per convertire il movimento alternativo del pendolo in rotatorio, fu lo scappamento che rese possibile la costruzione dell'orologio, essendo ne-

19 La lettera di Vincenzo Viviani è contenuta in una sorta di biografia, scritta a partire dal 1654 e rimasta inedita fino al 1717, intitolata *Racconto istorico sulla vita di Galileo*, composta in forma di lettera al Principe Leopoldo de' Medici.

Nella pagina a fianco: *ricostruzione del cosiddetto pendolo di Galilei.* Sotto: *un esemplare del pendolo di Huygens.*



cessaria la rotazione sia per far girare gli ingranaggi che le lancette. Suo tramite era possibile anche restituire al pendolo l'energia dissipata per attrito evitando perciò che rapidamente si fermasse. Consisteva in una ruota a denti di sega sui quali giocava un riscontro solidale all'asse del pendolo, al quale somministrava alle opposte estremità dell'oscillazione una piccola spinta, prelevata da un peso o da una molla.

Il cronometro e la longitudine

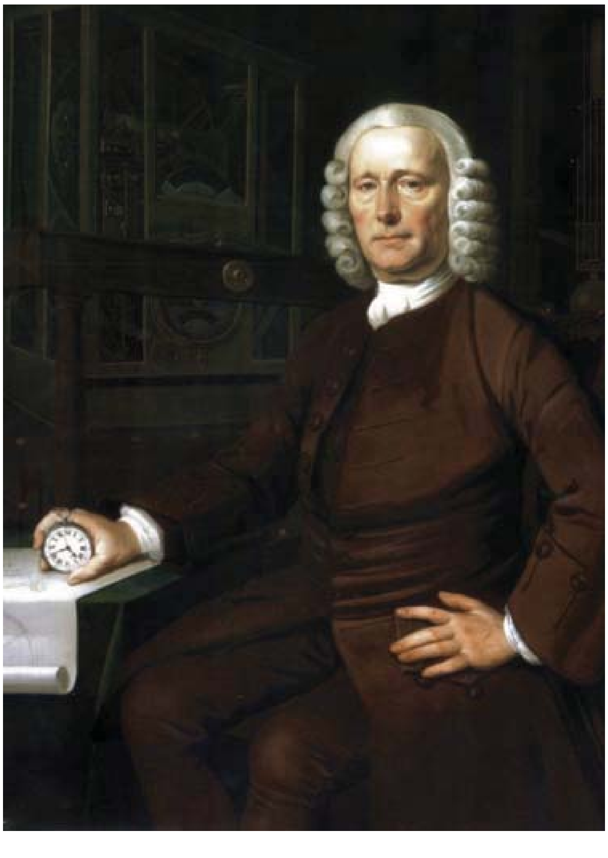
L'orologio a molla, trasformato in un congegno portatile rendeva possibile non solo conoscere l'ora durante il viaggio ma anche trasportarvi l'ora di partenza. Affinché questa potenzialità consentisse di risolvere il problema della determinazione della longitudine, occorreva che la misurazione fosse di estrema precisione. In tal modo relazionandola alla latitudine, la cui stima esatta si sapeva conseguire già dall'epoca ellenistica, si sarebbero potute calcolare finalmente le coordinate geografiche di ogni punto della superficie terrestre. Ma alla longitudine, ricavata per differenza oraria, uno scarto di soli 30 secondi provocava un errore di corrispondenza geografica di una quindicina di km alla latitudine dell'equatore e una decina ai tropici. Scarto insignificante in pieno oceano, ma pericolosissimo in caso di nebbia lungo le coste! Il 22 ottobre del 1707 una intera flotta di unità da guerra che rientrava in Gran Bretagna, per una approssimata valutazione della longitudine, complice la nebbia, finì contro le scogliere delle isole Scilly. Terribile il bilancio: quattro navi e circa 2000 uomini andarono persi, stimolando

così il Parlamento a indire un concorso per la soluzione dell'ultra millenario problema. Sette anni dopo fu insediata un'apposita commissione nell'ambito della *Longitude Act* per valutare le proposte e ricompensare la migliore. Cospicuo il premio stabilito, scaglionato in base alla precisione conseguibile: 20.000 sterline, quasi 10.000.000 di euro, per una approssimazione inferiore ai 30'; 15.000 se inferiore ai 45' e 10.000 se inferiore a 1°.

Le proposte che da quel momento si susseguirono furono molteplici, e spesso cervellotiche, ma in linea di larga massima potevano distinguersi in due categorie di calcolo; la prima in base a dati tratti da osservazioni astronomiche, la seconda in base a differenze orarie. Che a bordo di una nave scossa da rollio e beccheggio si potessero nottetempo compiere meticolose osservazioni astronomiche già appariva scarsamente verosimile, ma che poi gli ufficiali avessero la competenza per farlo era del tutto utopico. Discorso decisamente diverso per la stima oraria, considerando che i meridiani si succedono ogni 4 minuti. Nessuno degli orologi costruiti nel '600, però, ostentava la precisione adeguata all'esigenza.

Un giovane orologiaio autodidatta, John Harrison, 1693-1776, con all'attivo la costruzione di alcuni orologi a pendolo di discreta qualità tra il 1712 e '17 nonostante fossero interamente di legno, pensò di

Nella pagina a fianco: *prospetto laterale della macchina dell'orologio a pendolo di Huygens.*
Sopra: *veduta aerea delle isole Scilly.*
Sotto: *ritratto di John Harrison.*



poter vincere il concorso con un suo orologio di accuratissima fattura e avanzata concezione. Dal 1730 fino praticamente alla sua morte, Harrison si cimentò nella costruzione di cronometri di affidabilità e precisione sempre maggiore, obbligandoci perciò a descriverli sia pure sommariamente a partire dal primo prototipo. Definito Harrison n°1- H1- fu realizzato tra il 1730 e il '35, e possedeva ragguardevoli dimensioni, oltre 60 cm di altezza per 34 kg di peso. Un molla, che bisognava ricaricare ogni 24 ore, lo azionava e un complesso sistema di sospensioni annullava gli effetti delle sollecitazioni trasmessegli dalla nave. Presentato pubblicamente a Londra riscosse un significativo successo che si ripeté anche a Lisbona, dove fu di nuovo provato con ottimi esiti: l'errore massimo riscontrato era dell'ordine di 3-4 secondi al mese, ma l'eccessivo ingombro e la fin troppo frequente necessità di ricarica non lo rendeva idoneo all'impiego marittimo. Alcuni anni dopo Harrison si cimentò con un secondo cronometro ad alta precisione, l'H2, che paradossalmente risultò persino più ingombrante e pesante del primo, sebbene di maggior resistenza. Tra il 1740 ed il '59 fu approntato l'H3, più sofisticato per le innovazioni tese a neutralizzare gli effetti dell'escursione termica, ma purtroppo ancora di una sessantina di cm di altezza e di rilevante peso. Tra il 1755 e il '59 fu la volta dell'H4, che a giudicare dalle date fu avviato mentre era ancora in costruzione l'H3, modello che ricevette una reale sperimentazione a bordo di una unità da guerra, facendo registrare al termine della navigazione durata due mesi appena 5 secondi di scarto. Per il positivo riscontro Harrison ricevette 10.000 sterline, considerate una sorta di acconto dell'intero premio sicuramente vinto, a patto che ne avesse costruito altri due. L'H5 fu realizzato da Harrison ormai settantenne, al termine del quale richiese allo Stato il resto del premio che, con uno stupido pretesto gli fu rifiutato. E solo per intervento del re, ne ottenne altre 8750, a titolo però di grazioso omaggio! La determinazione della longitudine, però, era ormai definitivamente risolta.

In alto: *stampa settecentesca che raffigura il controllo in mare del cronometro di Harrison.*
A fianco: *il cronometro n° 5 di Harrison.*

Seminare

Seminatrice automatica

Gesto tipico del seminatore del grano è lo spargere a mano aperta e rotante la semenza, in modo da farla distribuire il più uniformemente possibile sul terreno. Ovviamente l'operazione per bene che vada non è mai realmente omogenea, ma tradisce con la crescita delle messi concentrazioni e diradazioni, spesso accentuate dal prelievo dei chicchi da parte degli uccelli. Il seme, infatti, restava scoperto e a vista per un periodo più o meno prolungato favorendo quella razzia, che era sopportata come una inevitabile tassa sul seminato. Se a questa prima perdita si aggiungevano quelle prodotte dal maltempo e dalle guerre, si vede come la necessità di incrementare al massimo i raccolti fosse più sentita proprio nei contesti di più frequente belligeranza. Il canonico Giovanni Cavallina da Bologna, vissuto nel XVI secolo, inventò allo scopo una macchina, che in epoca più recente verrà chiamata seminatrice, così descritta in seguito da un suo collega D. Giovanni Battista Segni, morto nel 1610, in un suo trattato:

"*Riesce meravigliosamente utile per lo piano lo stromento ritrovato già molt'anni da M. Govanni Cavallina da Bologna, col quale piuttosto vien piantato il formento; che seminato… È fatto come un forloncino (vaglio) da burattare la farina, copra un carriolo semplice di due ruote, ed un timone: parte della cassa tiene il grano che si ha da seminare, parte è accomodata sotto il buratto, sbusata, e per ogni buco ha*

Sotto e in basso: *una vecchia seminatrice, diretta discendente di quella di Giovanni Cavallina.*

una canna di ferro verso la terra, che finisce però in taglio di coltello dalla parte dinanzi, tanto longo quanto basta a fare un solco nel quale subito cade per la canna il grano burattato, e si seppellisce tutto, che non va niente a male, e con un altro ferro in ultimo lo cuopre immediatamente tirandovi sopra quel terreno che si cavò facendo il solco, sicché non può essere mangiato un sol grano dagli uccelli o da altri animali…
Lascia poi certi spazi ed intervalli per li quali vanno a suo tempo li mietitori senza calpestare il frumento, il che vuol essere di non poco danno. La raccolta è più sicura, senza comparazione, poiché a questo modo nasce tutto il grano seminato, si radica e si nutre meglio.”[20]

Riprodursi

Il profilattico ‘condom’

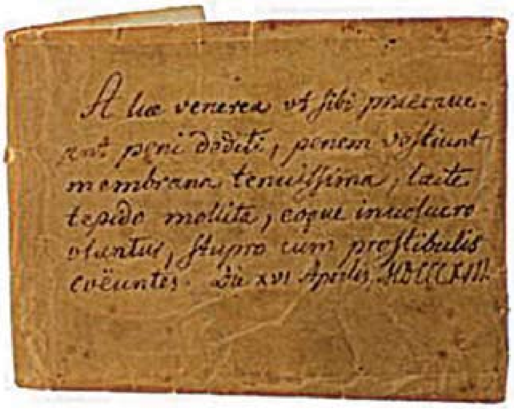
Dal punto di vista etimologico, il termine ‘condom’ per alcuni studiosi deriverebbe dal latino *condus* contenitore, ipotesi fin troppo intellettuale. Per altri dal nome di un paesino francese, nella regione del Midi-Pirenei nel quale si raffinavano intestini di agnelli che venivano poi utilizzati come rozzi profilattici.

Dalle fonti storiche, non a caso, sappiamo sia pure in maniera confusa che i legionari romani di tanto in tanto usavano preservativi del genere, di cui però ignoriamo le caratteristiche. Né in età imperiale mancano riferimenti a preservativi femminili, come quello descritto in una novella da Antonio Liberale nel II secolo, in cui si narra di Minosse, leggendario re di Creta, vittima di un maleficio scagliatogli dalla moglie per la sua infedeltà coniugale: ogni volta che si fosse unito con una donna il suo seme avrebbe generato serpenti e scorpioni che l’avrebbero uccisa. Procride, la sua ultima amante, non si fece intimidire e per ovviare al problema inserì nella sua vagina una vescica di capra, dove Minosse poté eiaculare senza rischio![21]

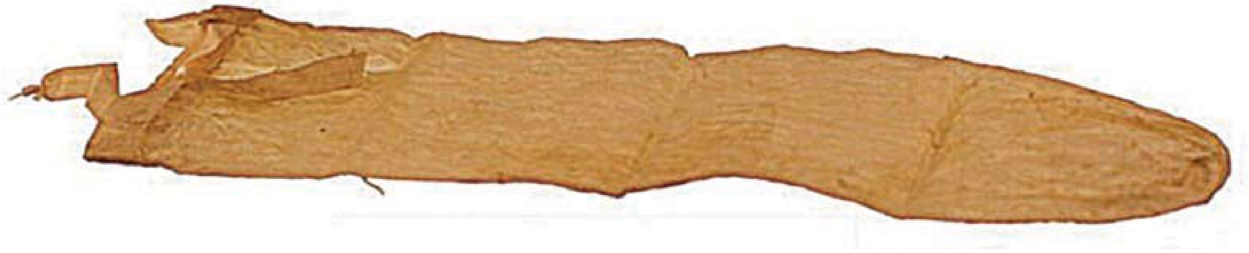
20 Da G. B. SEGNI, *Discorso intorno alla carestia*, Ferrara 1591.

21 A. LIBERALE, *Metamorfosi*, novella XLI, 4.

Sotto: *ritratto di Gabriele Falloppio.*

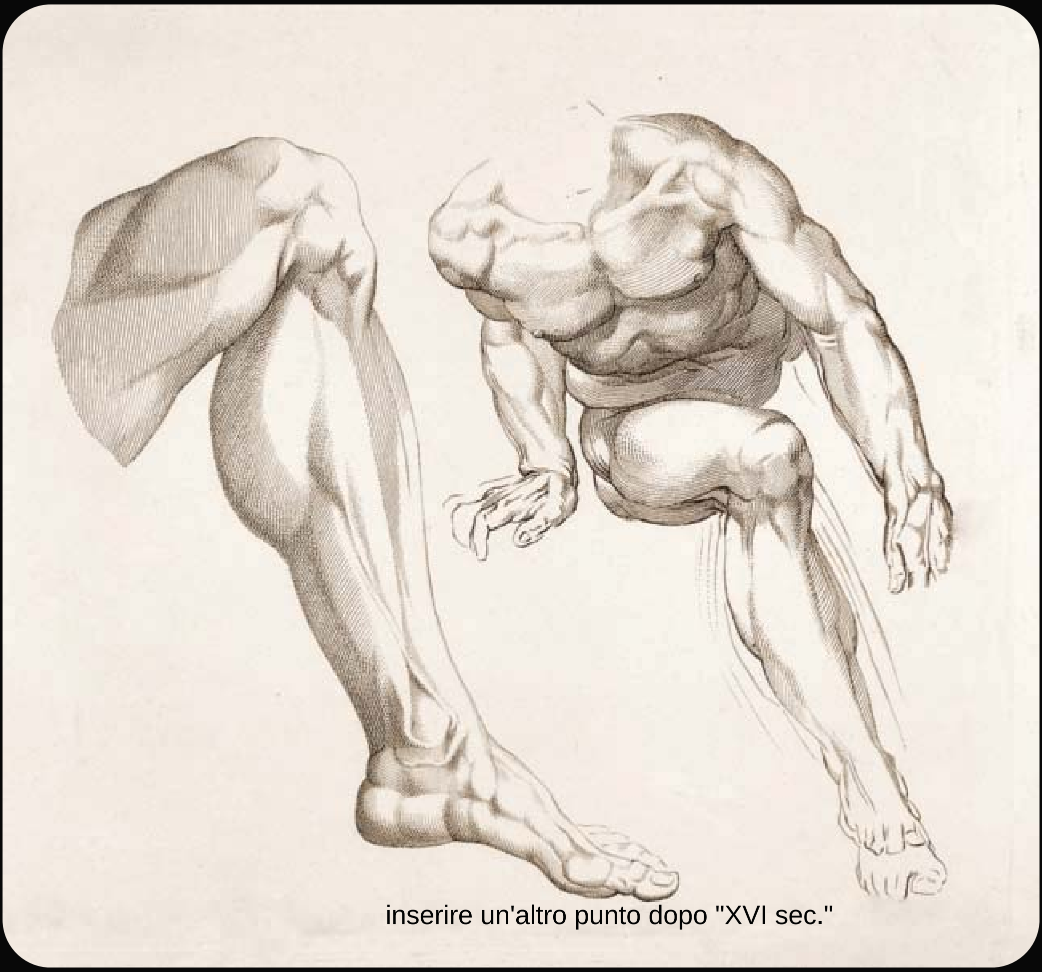


Un antico profilattico del XVII secolo.



Per altri studiosi fu invece Gabriele Falloppio, 1523-1562, celebre anatomista, che l'inventò o forse lo reinventò, per quanto accennato, ottenendolo da un intestino animale come difesa dalla sifilide, divenuta ormai una piaga tra i soldati nell'intera Europa. Più probabile però l'ipotesi che sia stato un medico francese di nome Condom a proporlo proprio come profilattico anticoncezionale presso la corte di Carlo II d'Inghilterra tra il 1665-'85. Va infine ricordata anche l'attribuzione a un medico militare inglese, tal Colonnello Quondam, da cui per alterazione condom. Il ritrovamento a Dudley Castle di un profilattico datato al 1640, induce però a propendere per una reinvenzione multipla avvenuta in vari tempi e circostanze, ma con soltanto due motivazioni: anticoncezionale e protezione dal contagio.

Gambe

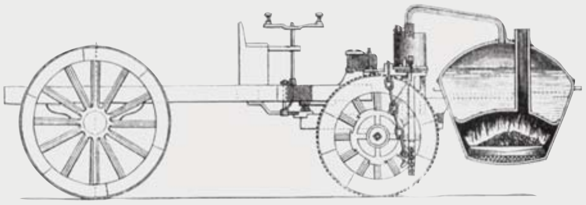


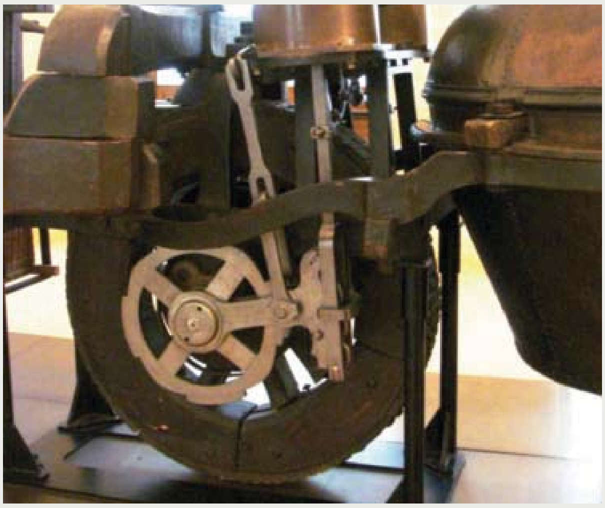
Michelangelo Buonarroti, Studi di diverse parti del corpo umano, XVI sec.

Militaria mirabilia

Il trattore per artiglieria di Joseph Nicolas Cugnot

Joseph Nicolas Cugnot, 1725-1804, sebbene originario della Lorena servì da giovane da ingegnere militare nell'esercito austriaco, per la sua nota competenza sulle fortificazioni, certificata dalla pubblicazione di due libri sulla materia.[1] Congedato passò a insegnare discipline tecniche presso l'Arsenale di Parigi. Sotto la direzione del celebre Generale Gribeauval, il Cugnot si occupò della progettazione di un veicolo semovente da usarsi per trainare la pesanti artiglierie, costruendone un prototipo nel 1769, che però risultò inadeguato per la destinazione. In base alle specifiche volute dal Generale, quel carro, infatti, avrebbe dovuto avere una velocità media di 3 miglia orarie, in modo da poter seguire la marcia della fanteria, trasportare un carico di circa 5 tonnellate e una autonomia di gran lunga maggiore dei 15 minuti del prototipo, che richiedeva frequenti rifornimenti di acqua. Il nuovo trattore di Cugnot fu pronto nel novembre del 1771 ed era alquanto migliorato rispetto al precedente: lungo 7.25 m e largo 2.19, poteva trasportare anche 4 persone a circa 4 km/h. Nella costruzione fu aiutato dal meccanico Michel Brezin, e sostenuto dallo stesso





1 I due volumi di Joseph Nicolas Cugnot furono: *Elementi di arte della guerra antica e moderna*, pubblicato a Parigi nel 1766 e Fortificazione campale teorica e pratica, pubblicato sempre a Parigi nel 1769 che ebbe un discreto successo nell'ambiente militare.

In alto: *ritratto di Joseph Nicolas Cugnot.*
Al centro: *sezione longitudinale del carro di Cugnot.*
A fianco: *dettaglio della trasmissione sulla ruota anteriore del carro di Cugnot.*

Gribeauval che aveva ordinato i cilindri con i relativi stantuffi all'Arsenale di Strasburgo già nell'aprile del 1770.

Dal punto di vista meccanico, il carro di Cugnot fu uno dei primi ad utilizzare un congegno per convertire il moto alternativo dello stantuffo in moto rotatorio delle ruote, trasformazione ottenuta mediante un dispositivo a cricco. Quel secondo semovente a vapore, definito *Fardier*, una sorta di carrello, stando alle memorie disponibili poteva avanzare ininterrottamente per un'ora e un quarto, rispondendo almeno in ciò alle aspettative. I rivolgimenti politici successivi, però, posero termine a quegli esperimenti e il prototipo restò abbandonato, finendo tempo dopo nel Museo delle Arti e dei Mestieri di Parigi, dove ancora si trova in buono stato di conservazione, tanto più che alcune sue componenti sono state sostituite nel corso del XIX secolo. Pesava sulle 4 tonnellate e viaggiava a una velocità effettiva di circa 7 km/h, con una configurazione tricicla con le due ruote posteriori folli e l'anteriore motrice e direzionale, sulla quale gravava il peso della caldaia. Due cilindri da 62.000 cm^3 e di 325 mm di alesaggio e 387 di corsa, trasformavano il vapore in forza motrice. Infimo il rendimento della macchina che, per giunta, per l'errata disposizione delle masse originava un veicolo molto instabile, con prestazioni notevolmente inferiori alle previsioni. In particolare l'avanzamento fuori strada, basilare per un trattore d'artiglieria, non trovò alcuna soddisfazione e mancando di un qualsiasi dispositivo frenante, durante le prove andò a sbattere contro il muro dell'Arsenale.

Nonostante ciò al Cugnot fu concessa da Luigi XV una pensione, prontamente revocata al cambio di regime, finché non fu richiamato a Parigi da Napoleone, dove visse fino al 1804. Sebbene fosse progettato e realizzato per scopi militari, quel veicolo costituí il debutto della autovettura e come tale viene ricordato in tutti i testi relativi alla storia dell'automobile.

In alto: *ricostruzione del carro di Cugnot in allestimento per trasporto cannoni.*
Sotto: *stampa settecentesca che raffigura l'impatto del carro di Cugnot contro il muro dell'Arsenale.*

Parte Quarta

Spostarsi sulla terra

I carri speciali

Nei precedenti volumi abbiamo esaminato i molteplici tipi di carri utilizzati dai Romani in epoca imperiale e le loro peculiari caratteristiche in relazione alla destinazione. Nel Medioevo disgregatasi la rete stradale, sconvolto e dissestato il manto d'usura nelle tratte superstiti, i carriaggi subirono un vistoso regresso, tornando spesso alle connotazioni preistoriche. Persino le carrozze reali, rispetto alle antenate romane, erano delle rudimentali carrette, dalla struttura pesantissima e dall'incedere penoso. Nel XV secolo si ebbe un sia pur lieve miglioramento dei veicoli, mentre sotto il profilo puramente teorico si elaborarono prototipi di carri semoventi. Agli inizi dell'età moderna la tendenza continuò, favorita dall'apertura di nuove strade e dal ripristino meno approssimato di altre, senza contare i vantaggi derivati dall'adozione di un più razionale attacco dei cavalli e dalla loro ferratura. Ciò nonostante, fatto salvo un accresciuto confort, carri e carrozze per tutto il '500 restano ancora quelli d'Età classica, con un'unica novità: l'avvento di una gamma di veicoli che potremmo definire per usi speciali, per lo più connessi alle ope-

Sopra: *ricostruzione di carro medievale, che testimonia il vistoso regresso del settore.*
In basso: *formazione di cavalleria con al seguito carri blindati per fortificazione campale mobile.*

razioni belliche. Tipologia che, se non del tutto priva di precedenti nell'esercito romano, in Età moderna originò un ampio repertorio di mezzi che troveranno compiuta definizione soltanto intorno alla metà del secolo scorso, nei veicoli da combattimento militari[2] e in quelli da soccorso nelle organizzazioni di protezione civile, repertorio che include i mezzi anfibi d'assalto, i ponti mobili ed i carri getta-ponte.

Carri anfibi getta-ponte di Agostino Ramelli

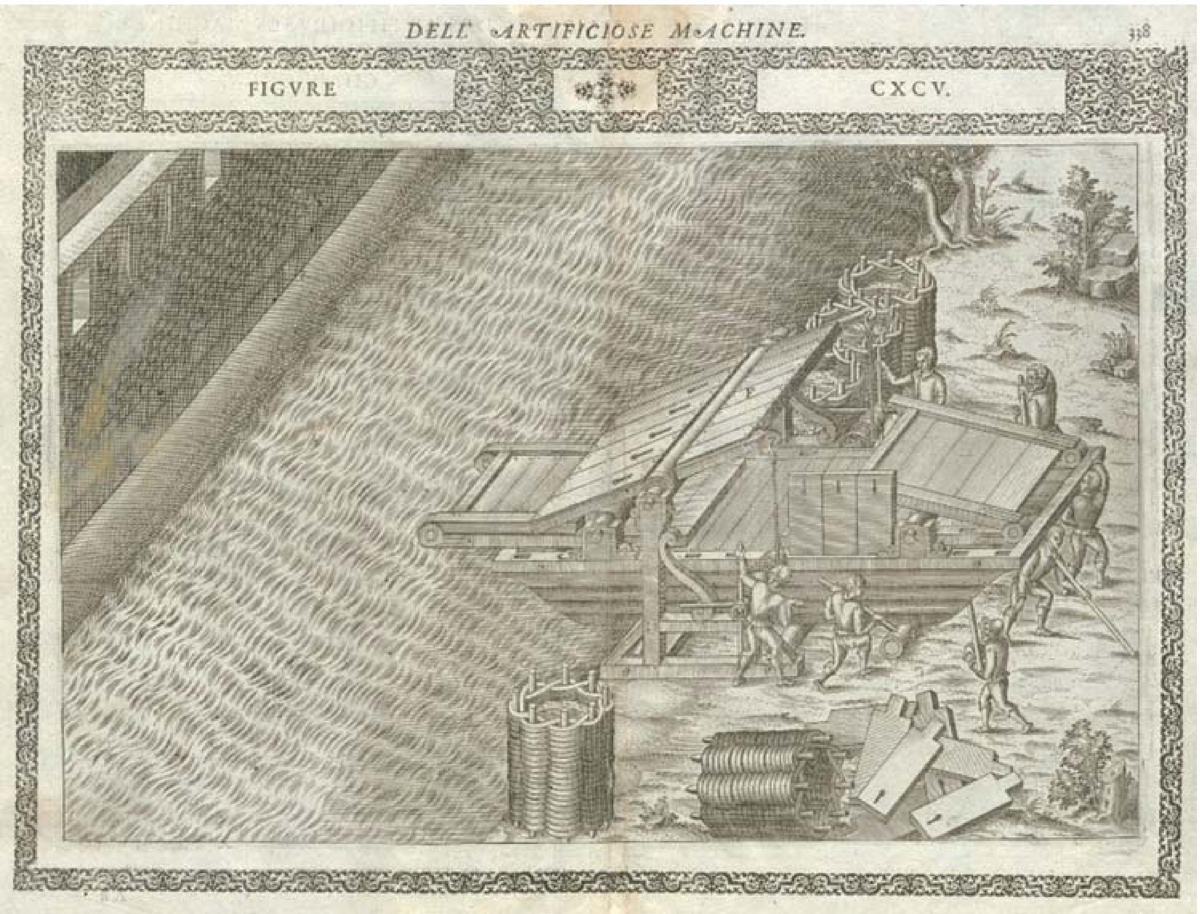
L'ostacolo rappresentato da un fossato allagato negli investimenti ossidionali e più in generale il forzamento di un fiume o lo spiegamento di un ponte di circostanza fatto rapidamente convergere dove necessario, suggerirono a molti tecnici rinascimentali numerosi prototipi di mezzi d'assalto anfibi, di ponti smontabili di facile assemblaggio ed agevole trasporto. Agostino Ramelli, 1531-1608, nel suo magistrale trattato[3], superbamente illustrato, propone tre ponti mobili, il primo dei quali costituito da vari battelli anfibi raccordabili fra loro; il secondo da carri anfibi d'assalto chiusi con ruote a palette laterali per la propulsione, armamento frontale e consistente equipaggio; il terzo da sezioni di ponte prefabbricate e ruotate da unirsi fra loro per formare un'unica campata. Queste le relative esposizioni[4]:

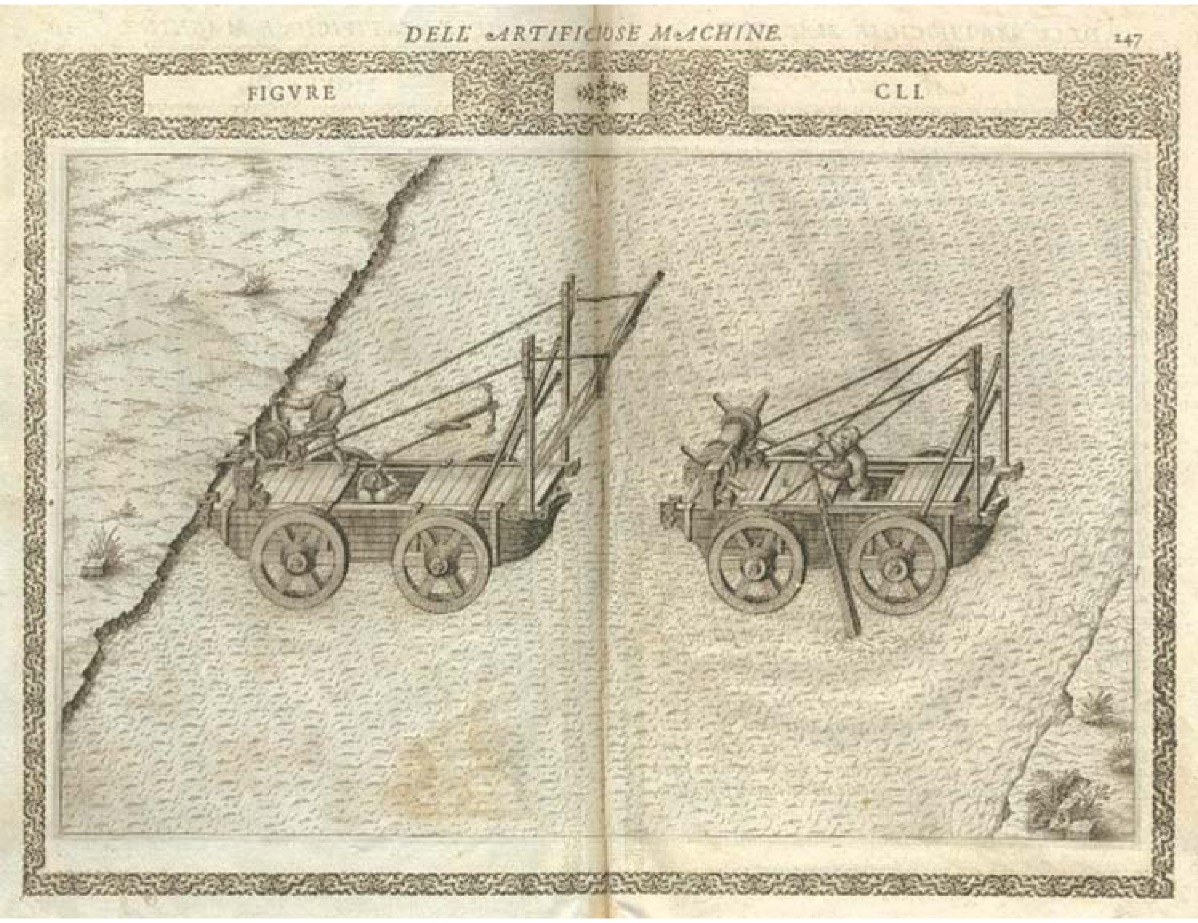
PONTE DI BATTELLI ANFIBI RACCORDATI
Questa è una sorte di ponte fatto in forma di batello, il quale (come per il presente disegno si vede) si mena con le ruote per commodità di un esercito, et con quello il detto esercito passarà con gran pre-

2 Sull'argomento cfr. L. CEVA, A. CURAMI, *La meccanizzazione dell'esercito fino al 1943*, Roma 1994, pp. 15-28; ed anche N. PIGNATO, F. CAPPELLANO, *Gli autoveicoli da combattimento dell'Esercito Italiano*, Roma 2002.

3 A. RAMELLI, *Dell'artificiose machine*, Parigi 1588.
4 Per un riscontro degli sviluppi attuali di quelle premesse rinascimentali cfr. L. SOLDATI, S. COCCIA, *Genio! L'arma tecnica e tattica oggi,* Bergamo 1993, pp. 20-43.

In alto: *accampamento fortificato con lo schieramento perimetrale dei carri blindati.*
Nella pagina a fianco: *tavole tratte dall'opera di Agostino Ramelli;* sopra, *raffigurazione di un carro d'assalto ossidionale anfibio;* sotto, *raffigurazione di un ponte di battelli anfibi raccordati.*


DELL' ARTIFICIOSE MACHINE.
338
FIGVRE
CXCV.


DELL' ARTIFICIOSE MACHINE.
147
FIGVRE
CLI.

stezza un fiume molto profondo. Perciocché entrato ch'è il detto ponte nell'acqua, ci si ferma con le ancore (come mostra benissimo il disegno seguente) e à tempo, e luogo, facendo duoi huomini, o più alzare il ponte segnato A, che si posa sopra il batello fin' a certo termine per via del torno notato 'B, (come si vede) e con l'aiuto delle due girelle, che si veggono fatte alla cima delle due barre, che sono di qua e di là fitte nelle sponde del batello segnate CD. Conciosia che i detti duoi o più huomini facendo tornare per via di certe stanghe il torno sudetto, fanno avolgere intorno a quello le due corde, che passano sopra le sudette due girelle, e che sono attaccate di qua e di là a' i capi d'esso ponte, facendolo per questa via alzare (come s'è detto) fin'a certo termine; dal qual termine essendo il detto ponte sostenuto dalle due corde sopradette, che all'hora si posano sopra due altre girelle, che sono fitte nelle medesime barre sotto alle due sopradette, (come si può vedere per la seguente figura) si fa calare per via d'esse corde, et con l'aiuto delle sudette due girelle fin' a luogo determinato, assistendo però sempre un' huomo, per tenere il torno, dove sono avolte le due corde, acciocché il ponte non trabocchi. Hor' essendo calato questo ponte, ei si aggiunge al batello, che si vede notato E, il quale quando non è al suo luogo proprio, ei si accomoda per via di duoi remi, come bisogna, incastrando il detto ponte alla poppa di quello; e quando il detto ponte non è lungo assai, se gli aggiungono altri ponti, finche suppliscano alla larghezza del fiume, marchiandosi poi sopra l'essercito comodamente e presto.[5]

Ponte di carri anfibi d'assalto

Altra sorte di ponte, co' l quale si passa parimente l'acqua del fosso d'una città, over d'una fortezza molto comodamente. Si mena prima il detto ponte con quattro ruote da carro fin' alla controscarpa, poi si levano le dette ruote, e vi si mettone quattr'altre più piccole, (come per il disegno segnato R benissimo si vede) affinché sia più agevole maneggiare, mettendo prima sopra la controscarpa (se fa bisogno) molti gabbioni, over sacchi di terra, over balle di lana, o simili altri ripari per difendere i soldati, che lavorano intorno ad esso ponte, che non sieno offesi per fronte dalle archibugiate, over dalle moschettate. Fatto questo, se la contrascarpa è troppo alta, si cava lo spalto di quella in modo, che si possa mettere il ponte nell'acqua facilmente spingendolo poscia nell'acqua per esso cavato. E fatto questo ponte nella maniera, che per il disegno si vede, chiuso, e ferrato, come un batello, che l'acqua non può penetrare dentro, ma ha il suo fondo largo, acciochè si sostenghi meglio sopra l'acqua. Di più egli ha dietro a guisa di barca un timone, col quale si governa, e di qua e di là da' i suoi lati due ruote notate ST, le quali servono per emi, e si fanno tornare per via di una manovella con la forza d'un'huomo, il quale huomo sta dentro d'esso ponte, senza esser visto, ne offeso da' nissuno. In oltre si mettono dentro detto ponte nella testa quattro, over sei archibugieri, i quali con gli archibugi, e con i moschetti impediscono da i ferritoi, che sono in esso ponte, che 'l nemico non gli offenda, quando il ponte giugne alla riva del fosso; essendo il sudetto ponte fatto de asse grosse, e spesse, che le archibugiate, e le moschettate non possono passare. Hor essendo venuto il tempo, e l'occasione opportuna per accostare il sopradetto ponte alla muraglia, ei si spinge in acqua, con stanghe, over altri simil istrumenti, poi l'huomo, che vi è dentro, facendo (come sopra s'è detto) tornare le sopradette due ruote, lo fa per quella marchiare sopra l'acqua oltra il fosso, essendo però sempre guidato dal timone sopradetto, e da' un'homo, che regge esso timone, e così si va sempre seguitando di giugnere, e de incastrare di mano in mano l'un ponte con l'altro, quanto è la larghezza del fosso, passandovi poi sopra da i lati e per dentro i soldati molto comodamente.[6]

Ponte a sezioni prefabbricate e ruotate

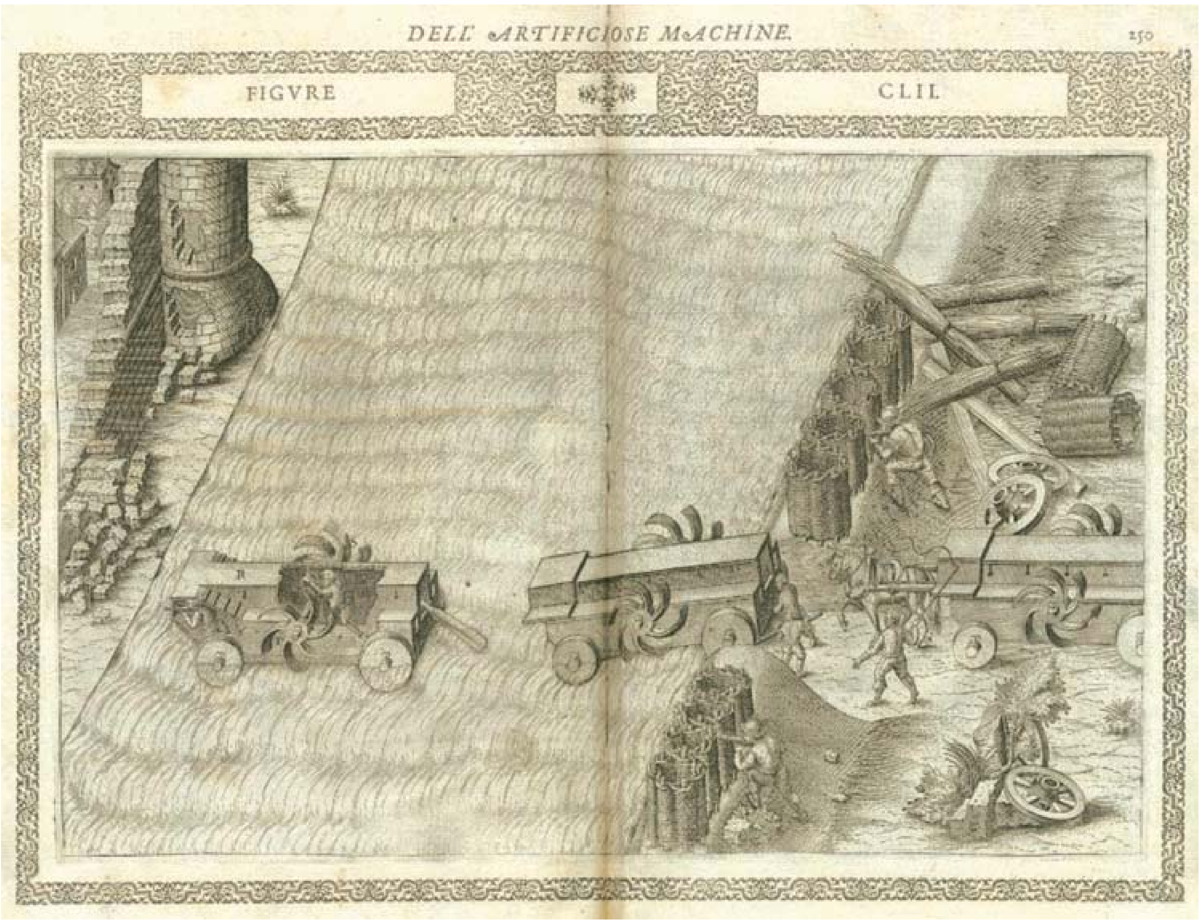
Un'altra sorte di ponte, col quale i passa l'acqua del fosso d'una città, overo d'una fortezza, molto facilmente. Si conduce prima il detto ponte con quattro ruote da carro fin alla controscarpa il quale è fatto con un tal artificio, che si spiega sopra d'esso carro nella maniera, che si vede per il disegno segnato G. Fatto questo si levano dal carro le sopradette ruote, si spiega e si raccomanda il ponte, e vi si attaccano quattr'altre ruote più piccole, (come mostra benissimo il disegno notato P.) affinché sia più commodo a tirarlo nell'acqua, e che non lo carichino tanto, come le sopradette. Ma se fa bisogno, si devono prima piantare molti gabbioni, over sacchi di terra, over balle di lana, over simil altra cosa, come le sopradette, sopra la controscarpa, per difendere i soldati, che attendono à lavorare intorno ad esso ponte, che non sieno per fronte offesi dalle archibugiate, over dalle moschettate.

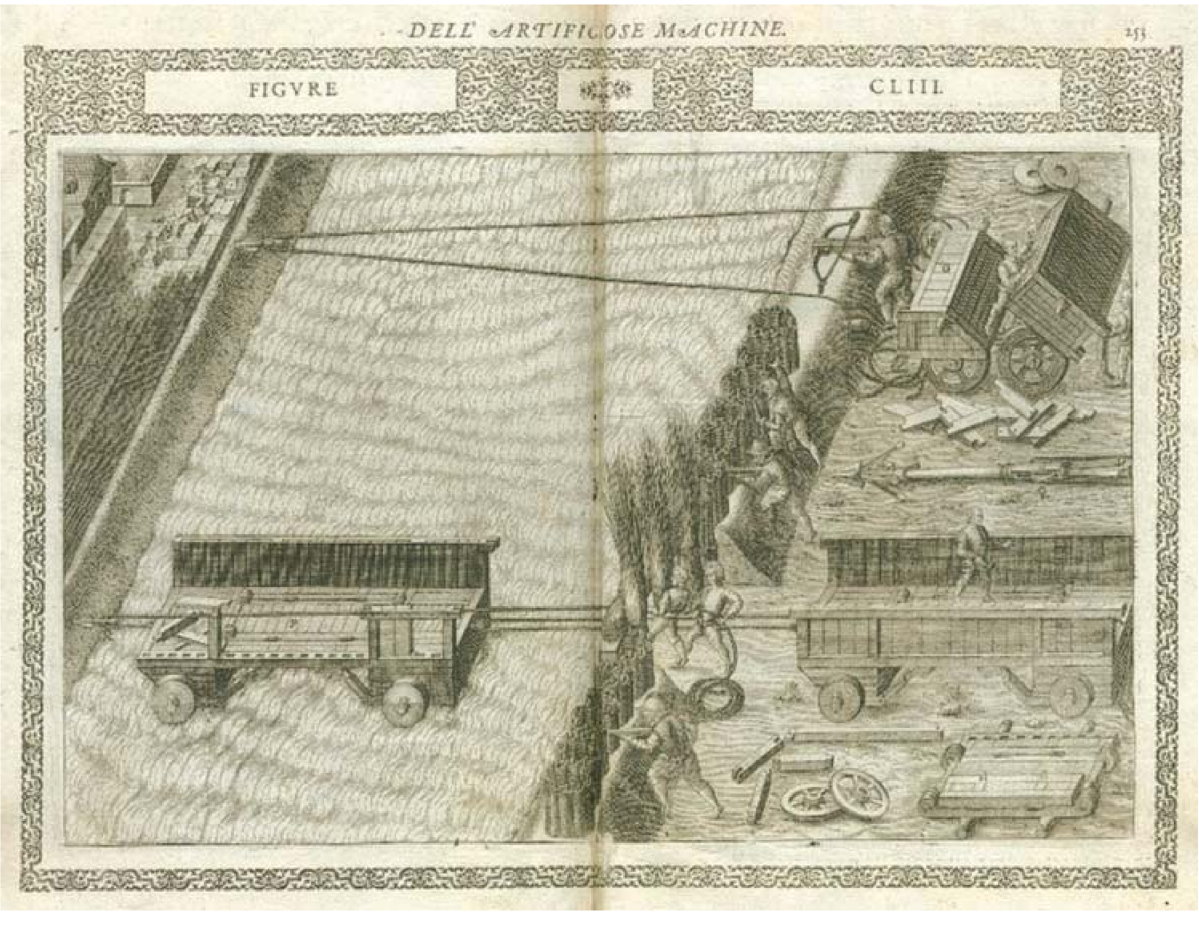
Oltre di questo, se la controscarpa è troppo alta, si cava in modo lo spalto di quella, che si possa mettere il ponte nell'acqua molto facilmente, tirandolo poscia nell'acqua per esso cavato. E fatto questo ponte nella maniera, che per il disegno si vede, egli ha di qua e di là fitti per tutte le sue sponde molti mantelletti, i quali difendono i soldati che passano sopra d'esso ponte, che non sieno per i fianchi offesi dalle archibugiate, over dalle moschettate. Di

5 A. RAMELLI, *Dell'artificiose…*, cit., cap. CLI, p. 247.

6 A. RAMELLI, *Dell'artificiose…*, cit., cap. CLII, p. 250.

Nella pagina a fianco: *tavole tratte dall'opera di Agostino Ramelli;* sopra, *raffigurazione di un ponte di carri anfibi d'assalto;* sotto, *raffigurazione di un ponte a sezioni prefabbricate e ruotate.*


DELL' ARTIFICIOSE MACHINE.
250
FIGVRE
CLII.


DELL' ARTIFICIOSE MACHINE.
FIGVRE
CLIII.

più, egli ha davanti, e di dietro le sue parti di sotto fatte, come quelle di un batello, dentro alle quali l'acqua non può penetrare, e sostengono esso ponte, che non affondi nell'acqua. Inoltre egli ha di dietro una girella, sopra la quale passa una corda per tirare (quando fa bisogno) un altro simile ponte, e così di mano in mano si andarà seguitando, quanto è la larghezza del fosso, incastrandosi un ponte con l'altro. Hor essendo venuto il tempo, e l'occasione opportuna per accostare il ponte alla muraglia, si mette la corda, ch'è attaccata al capo del ponte, sopra la girella, ch'è fitta nella frezza che si vede segnata Q. la quale frezza ha (come per il disegno si vede) à canto il suo punzone certe alette di ferro, le quali quando essa frezza, essendo tirata da una balestra gagliarda e forte contro la terra, si stringono insieme, e quando ella si vuol cavare, si allargano e fanno forza contro la terra; e essendo la sudetta frezza fitta nella terra nella maniera che per il disegno si vede, si tira bella mente un capo della corda, che passa sopra la girella sopradetta, e per questa via si fa (quando il tempo e l'occasione il richiede) accostare il ponte alla muraglia, passandovi all'hora sopra i soldati molto facilmente.[7]

I SEMOVENTI

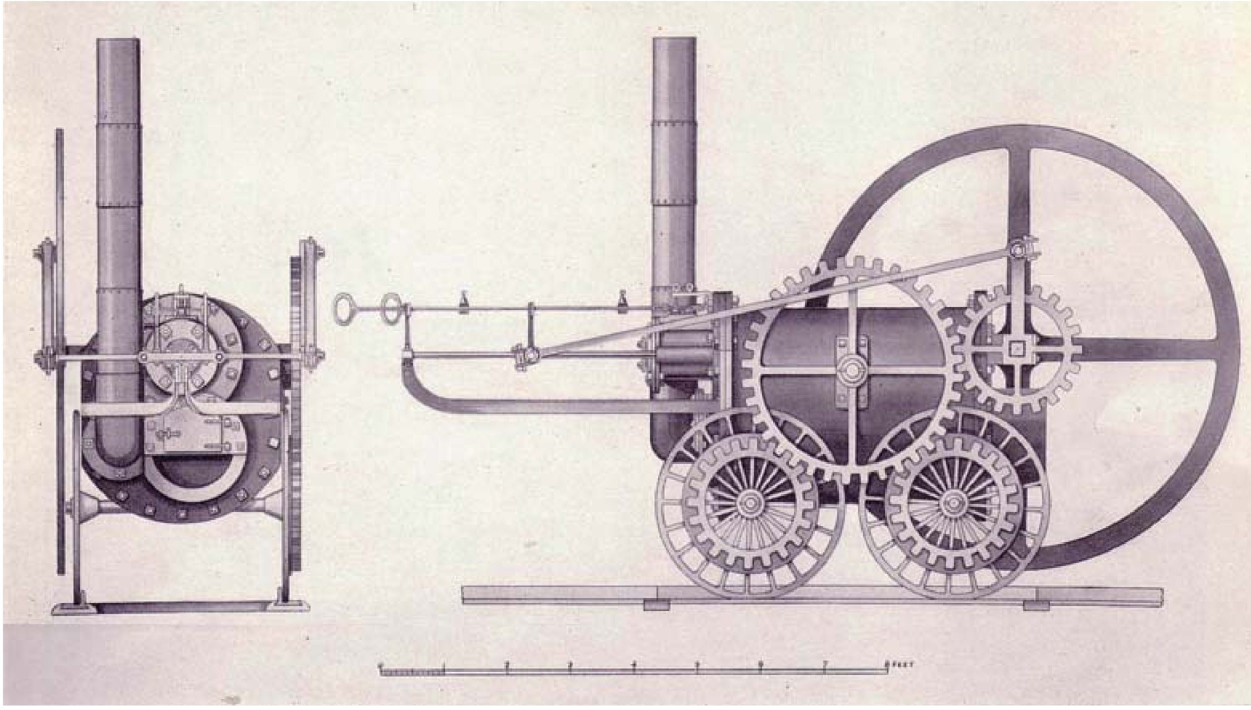
Locomotiva a vapore

A partire dell'ultimo quarto del XVIII secolo, oltre al trattore di Cugnot, iniziarono a comparire vari prototipi di locomotive, sia per impiego su strada che su rotaia in ferro che all'epoca già aveva alle spalle una lunga evoluzione. Tutte le macchine messe alla prova si rivelarono inadatte al trasporto meccanizzato per eccessiva delicatezza e scarsissima autonomia. Problemi che soltanto dopo i primi decenni del secolo successivo furono in buona parte risolti con macchine vistosamente più pesanti e meno rudimentali. Salto di qualità consentito dall'adozione delle rotaie di acciaio più robuste, inventate da Charles Vignoles nel 1831 e da allora ancora in uso sebbene progressivamente più massicce (dagli iniziali 18 kg/m agli attuali 48 kg/m), sulle quali le perfezionate locomotive a vapore presero realmente a correre.

Al di là dei primi incerti tentativi, il debutto della locomotiva a vapore si ebbe il 21 febbraio del 1804 quando Richard Trevithick, 1771-1833, mise in moto la sua rudimentale macchina, azionata da un motore ad alta pressione da lui costruito alcuni anni prima e col quale già aveva equipaggiato un veicolo stradale rivelatosi un fallimento. Il binario usato era a scartamento ridotto e su di esso il convoglio, composto oltre che dalla motrice da 5 carri, caricati con 10 tonnellate di ferro e una settantina di passeggeri, percorse circa 15 km alla velocità media di 8 km/h, dimostrando se non altro la validità della trazione a

A fianco: *ricostruzione della locomotiva di Richard Trevithick.*

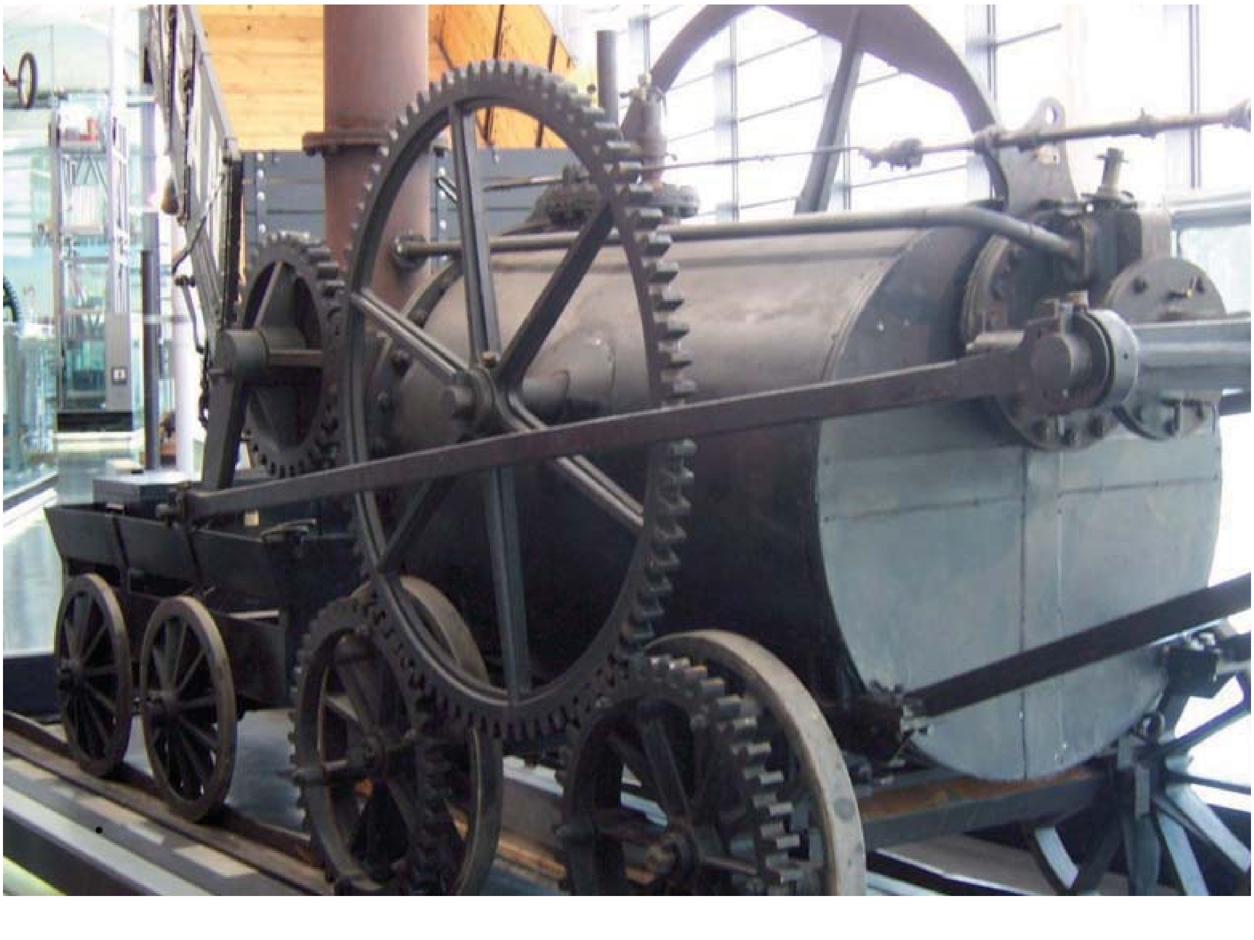
7 A. RAMELLI, *Dell'artificiose...*, cit., cap. CLIII, p. 253.

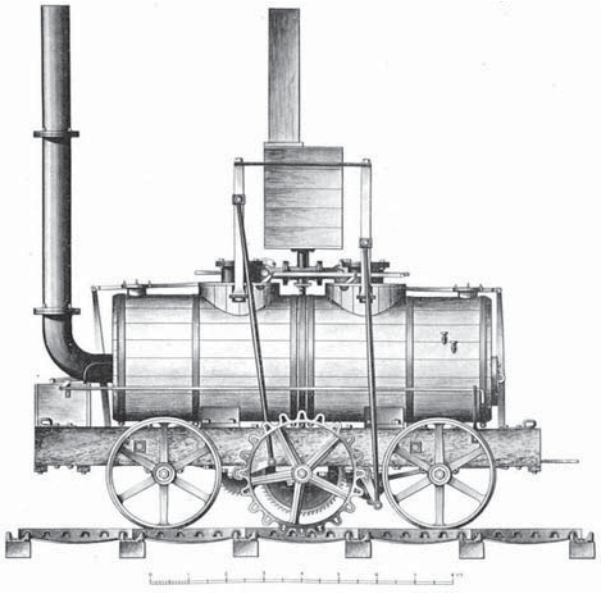


vapore su binario di ferro e, soprattutto, lasciandone intuire le imminenti enormi potenzialità.

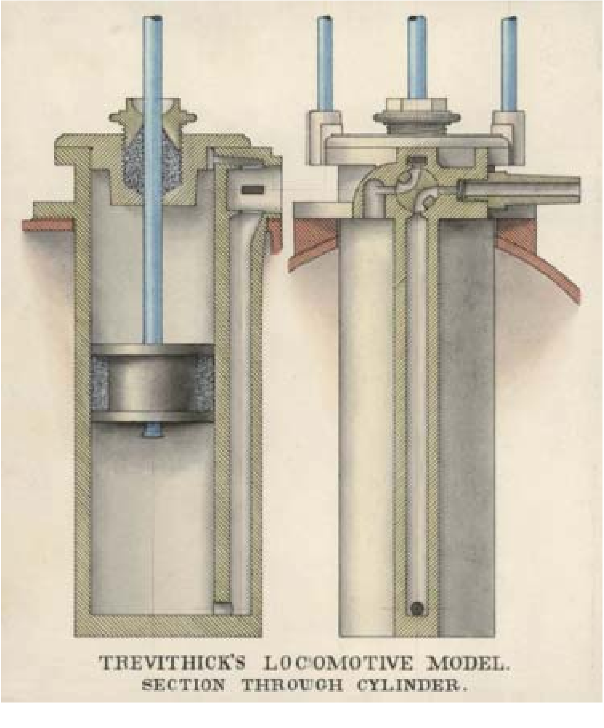
L'accennata debolezza delle rotaie, a fronte del crescente peso delle locomotive, comportò la loro frequente rottura, deleteria deficienza alla quale può

Sopra: *raffigurazione schematica della locomotiva di Richard Trevithick.*
In basso: *ricostruzione della locomotiva di Richard Trevithick: dettaglio ingranaggi della trasmissione.*

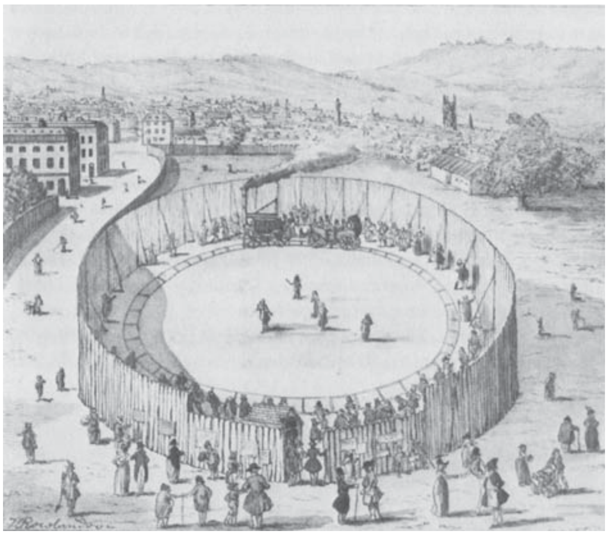


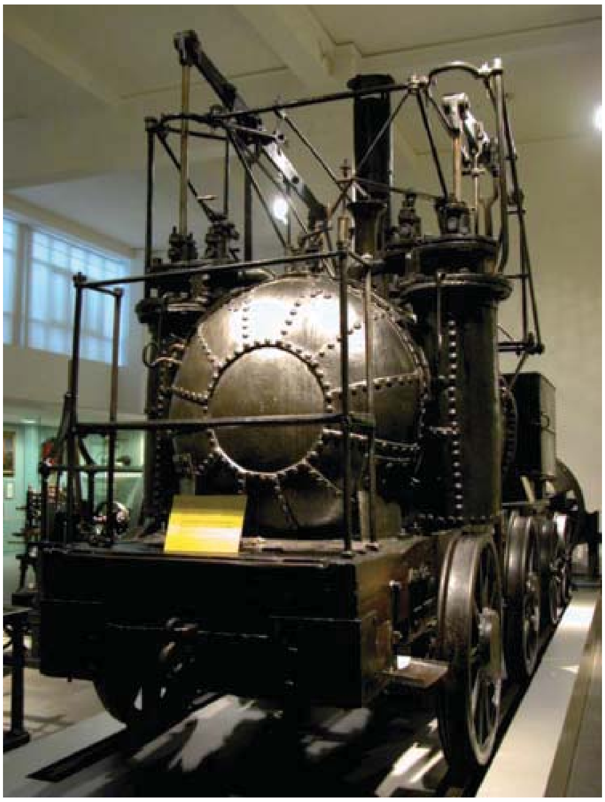


imputarsi l'iniziale ritardo dello sviluppo delle ferrovie. Anche la terza locomotiva costruita da Trevithick e fatta girare in un piccolo circuito dimostrativo a Londra nel 1808 finì per rompere il binario in meno di due mesi. Il successo definitivo si ebbe quattro anni dopo con la locomotiva *Salamanca*, costruita nel 1812 da John Blenkinsop e Matthew Murray, mossa da un motore a due cilindri: il suo curioso nome le derivò dalla omonima battaglia vinta in quello stesso anno dal duca di Wellington. Al pari di tutte le similari locomotive coeve anche nella *Salamanca* l'aderenza sulla rotaia risultò scarsa, spesso del tutto insufficiente per il suo modesto peso, difetto che comprometteva la trazione. Per risolvere quel problema la motrice fu munita di una ruota dentata, sul lato sinistro della macchina, che andava ad ingranare in una cremagliera a fianco della rotaia. Il criterio sarà nel futuro adottato per le linee a forte pendenza, per cui la macchina di Trevithick sotto questo profilo ne fu l'archetipo. La ruota era fatta girare dagli stantuffi posti in due cilindri, di circa 200 mm di alesaggio e 400 di corsa, tramite due bielle munite di giunto testa a croce. La *Salamanca* conobbe quattro repliche, che restarono in servizio fino al 1830, mentre la prima, per la manomissione della caldaia, esplose sei anni dopo.



In alto, a sinistra: *vista laterale della locomotiva Salamanca, costruita nel 1812 da J. Blenkinsop e M. Murray.*
In alto, a destra: *rappresentazione virtuale della stessa.*
A fianco: *sezione e prospetto di un cilindro della locomotiva.*
Sotto: *circuito dimostrativo a Londra.*





del trasporto di rifornimenti per uomini ed animali, nonché delle munizioni, verso un fronte sempre più distante. All'epoca, infatti, una Grande Unità che avanzava in territorio nemico doveva disporre di risorse proprie per almeno un mese, limite che obbligava a non allontanarsi oltre una quindicina di giorni di marcia dalla base di partenza, essendo la velocità dei convogli dei rifornimenti quasi la metà di quella delle fanterie. Trascurando quella rigida costrizione o sottovalutandola, nella speranza di cospicue requisizioni da effettuare a Mosca, Napoleone infranse ogni prudenza e condannò la sua Grande Armata alla terribile disfatta.

La Gran Bretagna comprese per prima le potenzialità offerte in materia dalla ferrovia e già nel 1830 spostò da Liverpool a Manchester, in due ore di treno, un intero reggimento, percorso di una cinquantina di km che fino ad allora richiedeva un paio di giorni di spossante marcia.

Tre anni dopo sarà la Germania a costruire una ferrovia per finalità strategiche, tra Waser e la Lippe, in modo da poter concentrare in brevissimo tempo un grandissimo numero di uomini.[8]

Il concludersi positivamente delle prove di trasporto su rotaia fu immediatamente studiato con attenzione dai vari Stati Maggiori europei, all'indomani della conclusione dell'epopea napoleonica, che aveva evidenziato le enormi difficoltà dell'approvvigionamento di un grande esercito. Lo stesso Napoleone aveva osservato con crescente interesse l'evolversi della ferrovia consapevole, proprio al profilarsi della campagna di Russia, del problema

8 Sulle conseguenze dell'impiego militare delle ferrovie cfr. M. HOWARD, *La guerra e le armi nella storia d'Europa*, Bari 1978, pp. 184 e segg. Sul ruolo strategico della ferrovia che inizia da questi anni per divenire risolutore nella seconda metà del XIX secolo cfr. B. L. MONTGOMERY, *Storia delle guerre*, Milano 1970, pp. 441 e segg.

A sinistra: *vista frontale della ricostruzione museale della locomotiva Salamanca.*
Sotto: *ricostruzione dinamica di un convoglio trainato dalla locomotiva Salamanca.*

Spostarsi sul mare

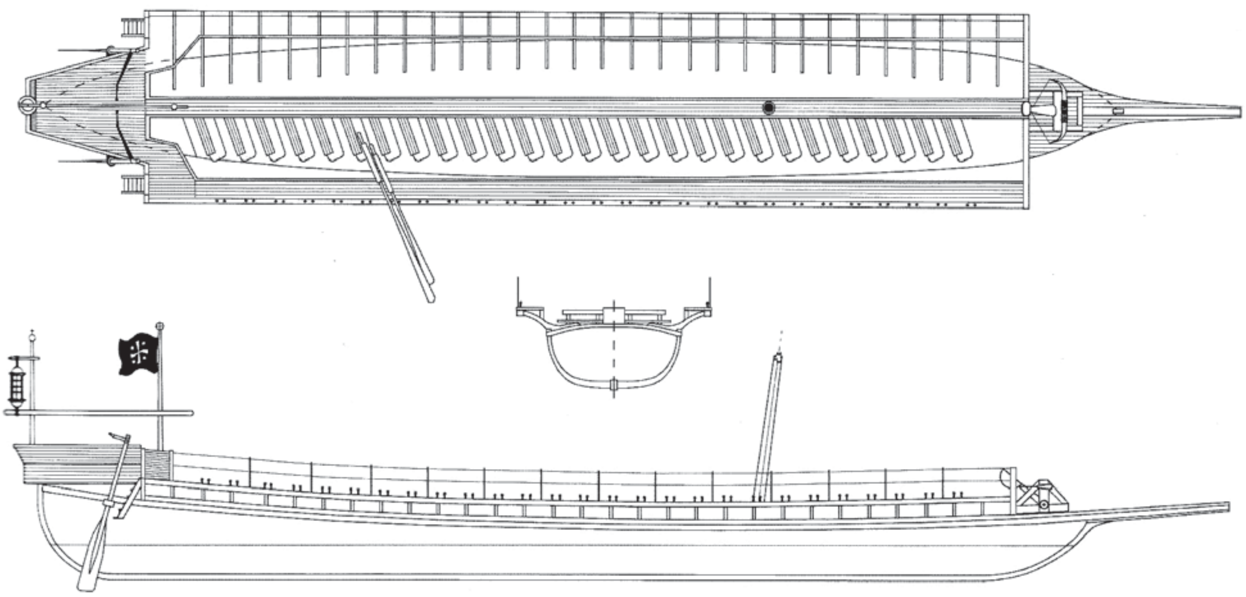
La galera d'età moderna

La nave da guerra per antonomasia del XVI, XVII e XVIII secolo fu la cosiddetta 'galera'[9], che non differendo gran che dalla triremi di Età classica[10], con il suo bimillenario utilizzo può considerarsi il mezzo militare più longevo e di cui, non a caso, se ne sono prospettate le peculiarità salienti di quelle in uso nel Medioevo[11] nel volume precedente. Ovviamente in Età moderna la galera conobbe alquante modifiche, prime fra tutte quelle derivanti dal maggior impiego dell'artiglieria, ferma restando la presenza dell'alto sperone da cui traeva il nome. Galea, infatti, deriva dal greco, *galeos*, pescespada o delfino, definizione datale all'avvio della costruzione nel II millennio a.C. Si trattava di una nave di notevole finezza, lunga una cinquantina di metri e larga al massimo una mezza dozzina, con un'opera viva mai eccedente 1.5 m di immersione e una altezza dell'unico ponte sulla linea di galleggiamento di poco inferiore. La coperta era divisa in due sezioni, entrambe occupate dai banchi di voga, in media 33-36 per lato, dove sedevano incatenati i vogatori, separati da una corsia rialzata di circa 70 cm, unico passaggio tra prua e poppa.

La propulsione era duplice, a vela per le crociere e per gli spostamenti in genere, ovviamente in presenza di vento, tramite grandi vele latine sostenute da uno o due alberi, e a remi per le manovre e il combattimento. Per garantirsi una sufficiente potenza motrice, la galera richiedeva un gran numero di vogatori, in media almeno tre per remo, (ma non mancavano quelle che ne contavano quattro) per un totale che spesso superava i

9 Circa le galere rinascimentali cfr. F. RUSSO, *La difesa costiera del Regno di Napoli, dal XVI al XIX secolo,* Roma 1989, pp. 149 e segg;.
10 Per approfondimenti in merito alle navi a remi di età classica cfr. F. RUSSO, F. RUSSO, *79 d.C. rotta su Pompei. Indagine sulla scomparsa di un Ammiraglio,* Napoli 2006, pp. 126-152.
11 Circa le caratteristiche delle galere tardo medievali cfr. F. C. LANE, *Le navi di Venezia*, Torino 1983, pp. 49-90.

Sotto: *pittura vascolare greca del I millennio a.C. raffigurante una nave lunga a remi.*
A fianco: *frammento di bassorilievo greco raffigurante la fiancata di una triremi.*
Nella pagina a fianco, sopra: *modello di galera reale dei Cavalieri di Malta.*
Nella pagina a fianco, sotto: *disegni schematici di pianta, prospetto e sezione di una galera rinascimentale.*



200, quasi sempre forzati e schiavi, la cui spossante fatica era ‘stimolata’ dalla frusta dagli aguzzini sempre in azione lungo la corsia centrale. I remi superavano in lunghezza i 12 m con un peso di 1.5 q, richiedendo per essere afferrati delle apposite maniglie. Oltre alla ciurma di vogatori, la galera imbarcava ancora un equipaggio per la manovra, ed un contingente di fanteria di marina, raggiungendo non di rado una massa di uomini, sul suo ponte, superiore agli abitanti della maggior parte dei villaggi dell’epoca!

Nella seconda metà del XVI secolo, l’equipaggio di una galera comprendeva un comandante detto, *sopracomito*, un vice *comito*, alcuni ufficiali militari e di manovra, un cambusiere, un barbiere chirurgo, una ciurma di marinai e, soprattutto, un paio di centinaia di vogatori, oltre a un variabile contingente di fanteria di marina.[12] L’insieme poteva ammontare, e a volte anche eccedere, i 400 uomini: stimando pari a 250 mq la superficie disponibile del ponte ne risulta una densità di circa 1.6 uomini/ mq, la stessa di un autobus all’ora di punta! Immaginabili le condizioni di inevitabile promiscuità e la carente igiene, nonostante tutti i drastici sforzi profusi: il fetore di una galera si percepiva a qualche miglio sottovento!

12 In merito cfr. J. MERRIEN, *La vita di bordo nel Medioevo, dai Vichinghi alle galee,* Torino 1973 pp. 163-220.

In alto: *raffigurazione pittorica su tela della Battaglia di Lepanto nella fase dello scontro.*

Circa la provenienza dei Quadri ufficiali e le loro effettive capacità tecnico-militari va osservato che quelli occidentali, in genere cristiani e di estrazione militare erano quasi sempre di famiglia nobile a differenza di quelli di estrazione navale di origine borghese se non addirittura popolare, assurti a quel rango per comprovata abilità. Nel campo avverso, presso i Turchi, vigeva una più stretta meritocrazia, per cui non vi erano preclusioni di casta, tant’è che non mancano i casi di semplici schiavi vogatori diventati ammiragli in capo della flotta da guerra ottomana, a patto che avessero dimostrata la propria abilità ed il proprio ardimento. Intorno al XVII secolo molti ufficiali erano tratti tra i favoriti del sultano e molti altri ancora dagli ufficiali dei giannizzeri, entrambi non altrettanto esperti dei corsari barbareschi ma, di certo, culturalmente preparati.

La vita a bordo era molto dura: i vogatori erano divisi a squadre che si alternavano con turni di 4 ore, soluzione che permetteva di disporre sempre di una cospicua aliquota di ‘riposati’ in caso di combattimento. Il galeotto e lo schiavo rimanevano sempre incatenati al banco di voga, tramite dei ceppi alla caviglia e una corta catena ammagliata a sua volta a una spessa e lunga che correva lungo l’intera corsia. La disposizione rendeva praticamente impossibile liberare un solo galeotto per volta, per cui solo in caso di morte col taglio del piede potevano essere rimossi dal banco. Non così i buonavoglia che in genere erano liberati in caso di combattimento. La posizione di voga aveva delle sensibili differenze:

mentre il rematore adiacente alla murata azionava il remo stando sempre seduto, quello vicino alla corsia lo faceva stando per lo più in piedi e quello centrale alzandosi e sedendosi continuamente, determinando così una selezione per la destinazione. I buonavoglia erano comunque quelli adiacenti alla corsia, posizione senza dubbio faticosa ma che gli permetteva di contribuire al controllo della ciurma. Tutti mangiavano una volta al giorno, solitamente all'imbrunire per non vedere cosa avevano nella scodella. Basti pensare che il termine militare 'rancio' deriva da rancido, marcio, e quello delle galere era costituito per lo più da galletta, variamente impastata con acqua di mare ed aceto per coprirne il sapore acido. Insignificante il valore proteico di quella dieta che provocava un evidente rapido deperimento in quegli uomini sottoposti a sforzi prolungati e spossanti.

Lo scarsissimo pescaggio e il concentrarsi di gran parte del peso sul ponte, cospicuo se relazionato a quello dell'intera unità, ne spostava troppo il baricentro dal centro di galleggiamento, innescando una conseguente fortissima instabilità laterale, accentuata dalla rilevante lunghezza dello scafo e per contro dalla scarsa larghezza, per cui le galere tendevano facilmente a rovesciarsi anche con mare appena mosso. Ciò costituiva uno dei principali rischi nautici di tale tipologia di imbarcazioni, per cui alcuni studiosi hanno acutamente ipotizzato che i remi fungessero da stabilizzatori, ovvero da bilancieri per compensare questa pericolosissima deficienza. Resta tuttavia accertato che un mare anche leggermente perturbato, a partire da forza 3, poteva creare seri problemi alla loro navigazione mettendone in forse la sicurezza. E sempre a causa dell'identica ragione, l'impiego della vela era possibile esclusivamente con venti moderati spiranti dai settori poppieri: attorno ai 50 Km/h, se al traverso, avrebbero rovesciato inesorabilmente la galera. Si spiega così il rigido arco d'impiego di queste navi, compreso fra l'aprile inoltrato e la metà di ottobre, e il tradursi in tragiche catastrofi di tutti i tentativi di infrangere questa rigida limitazione.

Nonostante ciò esse offrivano incomparabili prestazioni per la guerra navale in generale e di corsa in particolare, tra cui la velocità seguita immediatamente dalle capacità di navigare anche senza vento e di manovrare anche senza timone, al punto da renderle insostituibili nel Mediterraneo fino all'avvento della propulsione a vapore. Del resto per l'esaltazione della velocità tutto era stato sacrificato: ridotta la sezione del fasciame a soli 5 cm al massimo, limitata a pochissimi pezzi la batteria prodiera e persino contenuti all'indispensabile i viveri e a pochi giorni l'autonomia idrica. Da una attenta analisi dei piani di costruzione di queste unità e dal numero degli uomini impiegati ai remi si è potuto calcolare che la velocità massima raggiungibile potesse raggiungere i 10-11 nodi, sebbene soltanto per pochi minuti e in condizioni ideali di mare. Ma ciò che più stupisce è la loro accelerazione, che appare addirittura sorprendente: infatti, essendo immediata la risposta dello scafo alla sollecitazione motrice del remo, che non crea alcuna cavitazione, data anche la relativamente modesta massa del mezzo, si poteva attingere la velocità massima in pochissimi minuti, lasciando facilmente concludere sul perché dell'abbandono dei mercantili da parte degli equipaggi al primo apparire di una galera corsara! Altresì risulta confermata dai dati la cura prestata alla lubrificazione delle carene mediante spalmatura di grasso, operazione non di rado ripetuta più volte nel corso della stessa crociera, dipendendo dalla sua resistenza la velocità conseguibile. Un estremo retaggio della procedura lo deduciamo dalle tante insenature appartate che ancora ricordano con il loro toponimo 'spalmatore', 'spalmatoreddu', 'espalmadore', ecc..

Altra prestazione estremamente importante per le potenzialità operative delle galere, consisteva nella facoltà per la carena piatta e il ridottissimo pescaggio, di atterrare agevolmente e di evoluire anche su fondali bassi o addirittura nei corsi d'acqua. E ancora la capacità di effettuare mediante i remi manovre complesse, basti per tutte la rotazione del battello con voga opposta per banda in uno spazio di poco superiore alla sua lunghezza, confermano la perfetta rispondenza del mezzo alle esigenze. Il vero limite operativo delle galere, come accennato, fu per l'intero lungo arco d'impiego quello imposto dalle scorte d'acqua, sempre limitate e per mancanza di contenitori adatti e per non accentuare ingombri e pesi. Dalle relazioni d'epoca e dai piani di costruzione si deve ritenere che le riserve non consentissero di eccedere i cinque, sei giorni di autonomia, margine che si riduceva sensibilmente quando nelle stive vi fossero rinchiusi dei prigionieri.

A partire dalla fine del XV secolo le galere cominciarono a imbarcare delle artiglierie che però solo intorno alla metà del '500, con l'avvento dell'artiglieria navale, si resero concretamente utilizzabili. Contava in genere di un grosso cannone centrale, relativamente parlando, posizionato a prua in asse con la corsia, e parallelamente al suo fianco due o quattro pezzi più piccoli, che potevano far fuoco solo di

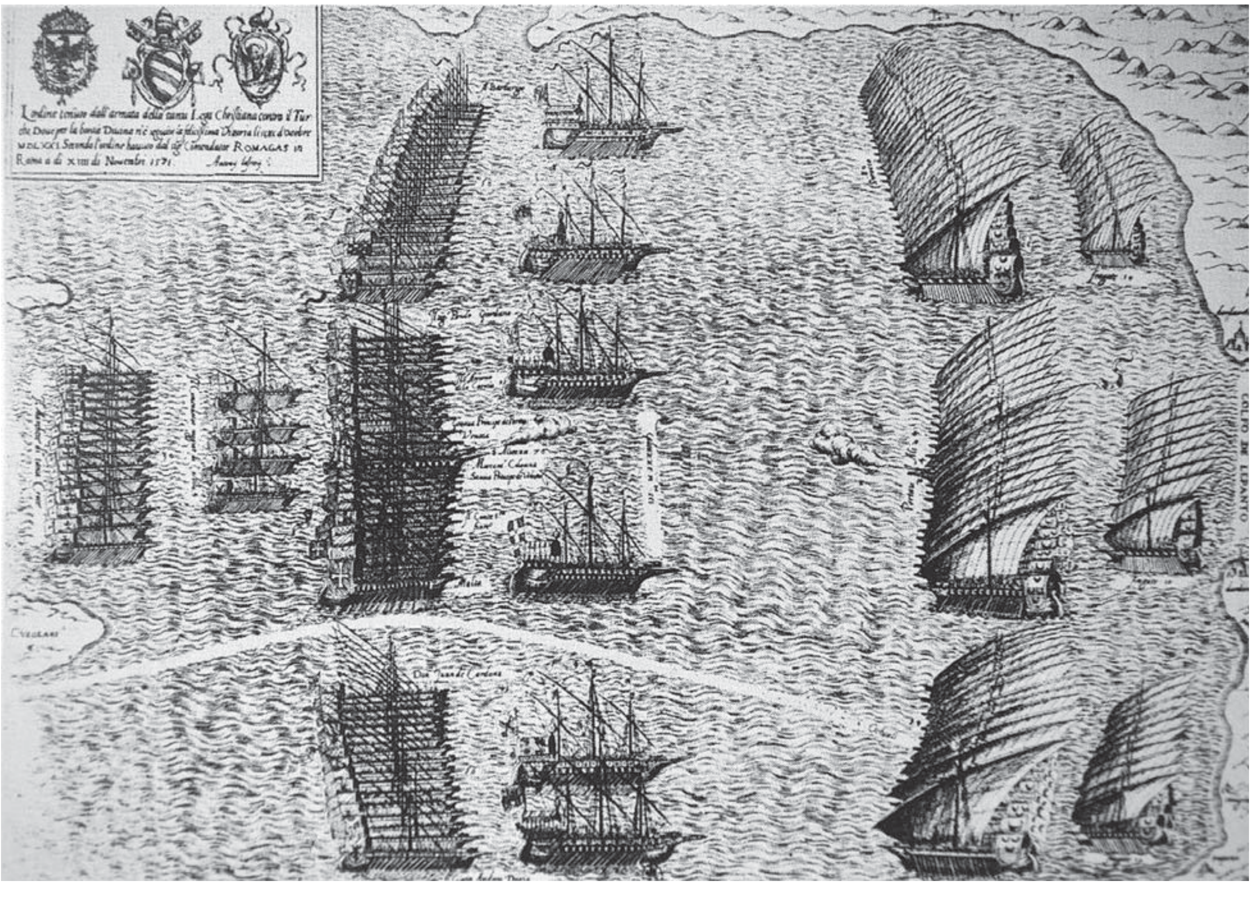
Sopra: *raffigurazione su tela della Battaglia di Dover del 1602: scontro tra galere e vascelli da guerra.*
Nella pagina a fianco, sopra: *raffigurazione su tela di una galeazza veneziana in fase di combattimento a Lepanto con in primo piano il relitto di una galera turca.*
Nella pagina a fianco, sotto: *stampa seicentesca raffigurante lo schieramento iniziale della Battaglia di Lepanto.*

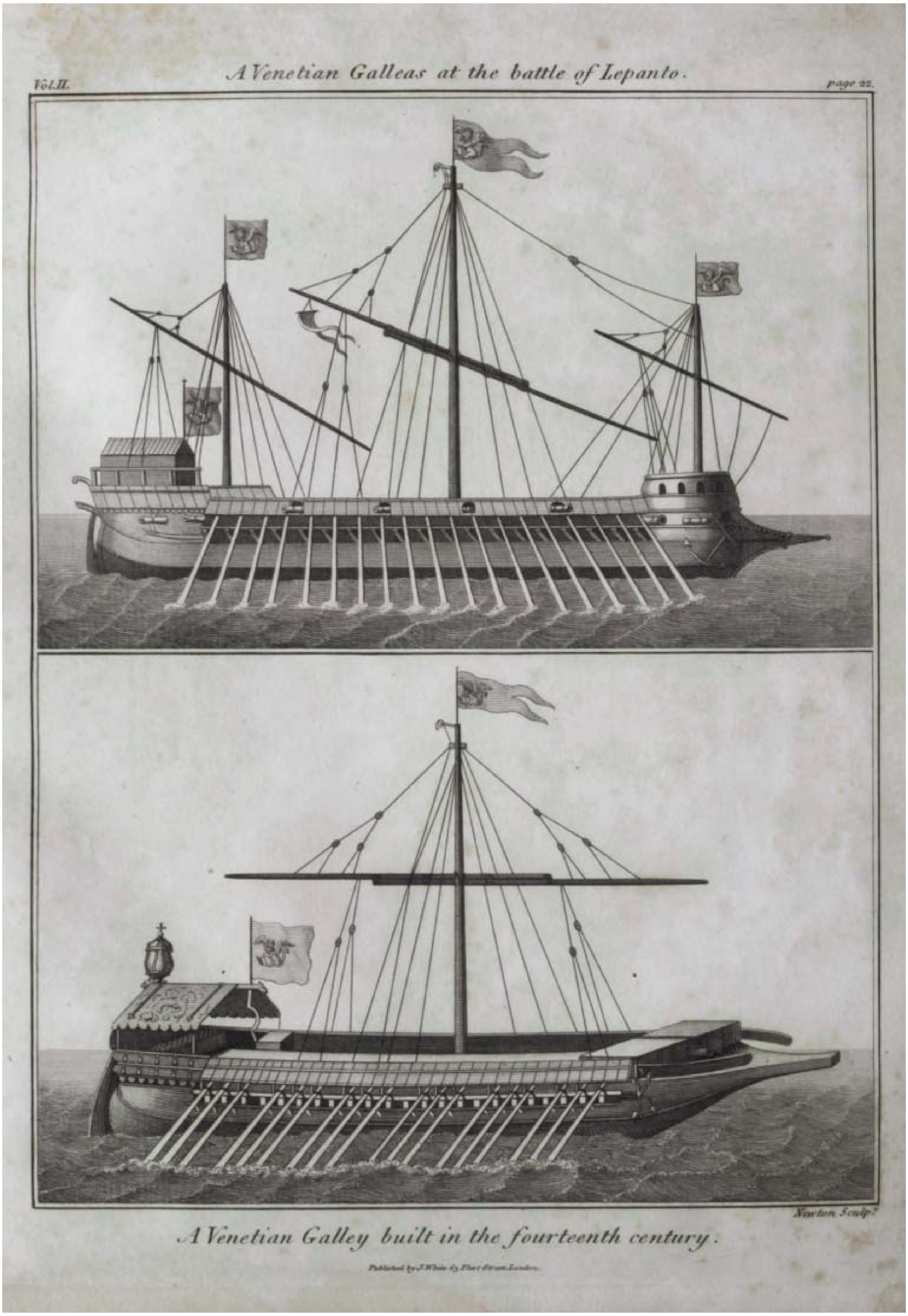
prua, nel settore di caccia e nessuno di poppa nel settore di fuga o al traverso. Forse ve ne erano di più piccoli ancora, destinati al tiro ravvicinato in caso di abbordaggio, costituiti da petrieri caricati a proietti frammentati, efficaci per spazzare il ponte nemico, posti sulla rembata, ma non risultano particolarmente frequenti. La potenza delle artiglierie delle galere, specie dei pezzi laterali, restò sempre modesta, poiché le sollecitazioni derivanti dallo sparo scuotevano e danneggiavano lo scafo persino di più dei colpi nemici!

La galeazza

Il debutto ufficiale della galeazza avvenne il 7 ottobre del 1571, quando appena un miglio di mare separava le armate navali più potenti, cristiana e ottomana, e l'incerta luce dell'alba non consentiva di distinguere meglio una mezza dozzina di tozze navi dalle tante altre occidentali alle loro spalle che si stavano lentamente posizionando nel golfo di Lepanto. Almeno 500 le galere, equamente suddivise tra gli opposti schieramenti si accingevano a cozzare[13], modalità di combattimento immutata da millenni sul mare. Irrilevanti le differenze fra le occidentali e le levantine: unica eccezione proprio le sei anzidette che si cullavano pigramente davanti alla flotta di don Giovanni d'Austria. Imbarcazioni di recentissima invenzione dimostrarono nella circostanza le loro infime prestazioni nautiche, obbligando a rimorchiarle fino al punto assegnato nello schieramento, tra i lazzi e gli scherni dei Turchi. La distanza non gli consentiva di interpretare in alcun modo quella strana teoria di finestrelle semisocchiuse praticate lungo la loro murata né, meno che mai, di scorgervi dietro le minacciose volate dei terribili can-

13 Per un primo approccio alla battaglia di Lepanto cfr. J. F. C. FULLER, *Le battaglie decisive del mondo occidentale e loro influenza sulla storia*, Roma 1988, vol. I, pp. 489-503.


L'ordine tenuto dall'armata della santa Lega Christiana contro il Tur
ROMAGAS



Stampa seicentesca raffigurante una galeazza veneziana.

noni di grosso calibro che le completavano. Oltre sessanta pezzi costituivano infatti l'armamento di ciascuna galeazza, peculiarità che finiva col renderla simile a una poderosa cittadella galleggiante.[14]

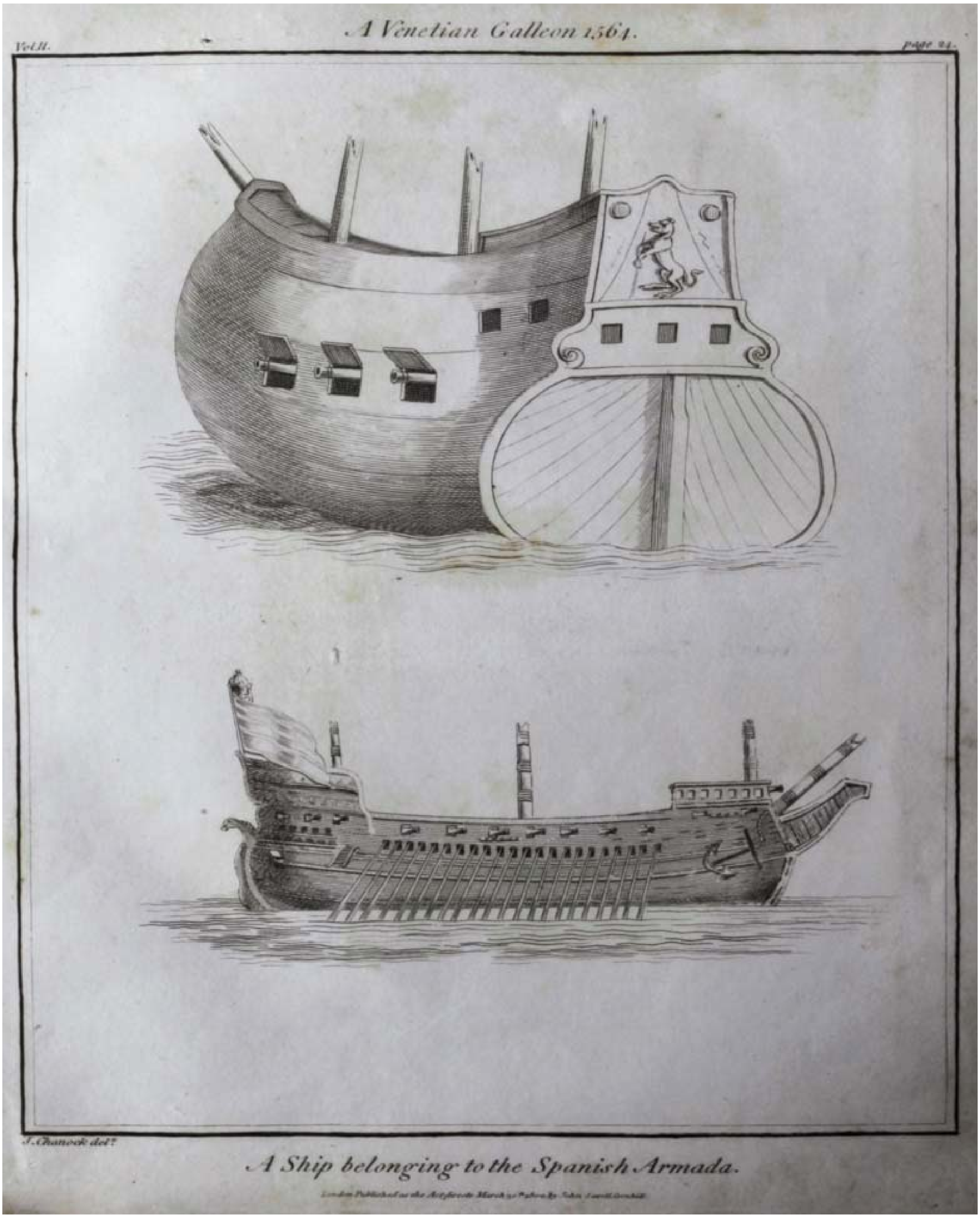
Dopo pochi minuti, quanto non si riusciva a vedere dalle galere della mezzaluna si fece nitidamente sentire! Con una terrificante sincronia, infatti, quando ormai le galere del sultano avevano coperto quasi la metà della distanza che le separava dalle occidentali, peraltro stranamente immobili, gli enigmatici portelli si illuminarono sinistramente di bagliori intermittenti. In pochi istanti fu chiara non solo la funzione dei portelli ma anche la tattica della manovra cristiana: a quel punto però indietreggiare sarebbe stato anche peggio che continuare sotto le micidiali bordate, che con inusitata frequenza schiantavano alberi, pennoni, remi, maciullando intere file di rematori. L'ordine di voga arrancata fu impartito con rabbiosa disperazione ed estorto dagli aguzzini con spietata efferatezza. Impossibile vagliare le perdite: di certo quando le prime galere turche finalmente agganciarono quelle cristiane, apparivano talmente provate e malconce da soccombere una dopo l'altra, in una mattanza allucinante.[15] Il nuovo connotarsi della guerra sul mare prendeva così il suo avvio in un episodio marginale, nell'ambito di una battaglia per molti versi unica quanto epica. Dal punto di vista strettamente tecnico, la galeazza fu una invenzione veneziana, maturata intorno alla metà del XVI secolo, dopo una serie di studi e prove. Montava abitualmente tre alberi a vele quadre, oltre ai soliti banchi di voga da 32 a 46. La sua maggiore differenza operativa era data dal disporre di numerosi cannoni schierati sul ponte in batteria, in modo da poter far fuoco lateralmente, oltre ai soliti di prua in alloggiamento protetto. Quando tutti i pezzi tiravano contemporaneamente si definiva bordata, capace non di rado di affondare una unità nemica centrata in pieno.

Nonostante il positivo riscontro di Lepanto, le deficienti prestazioni nautiche ne fecero costruire relativamente pochi esemplari che, comunque per le propizie condizioni del Mediterraneo restarono in servizio fino al XVIII secolo.

14 Per ulteriori approfondimenti operativi cfr. J. MORDAL, *Venticinque secoli di guerra sul mare,* Torino 1973, pp. 55-64.

15 Cfr. F. BRAUDEL, *Civiltà e imperi del Mediterraneo nell'età di Filippo II,* Torino 1976, vol. II, pp. 1166- 1181.

In alto: *una galeazza spagnola facente parte delle unità dell'Invincibile Armata.*

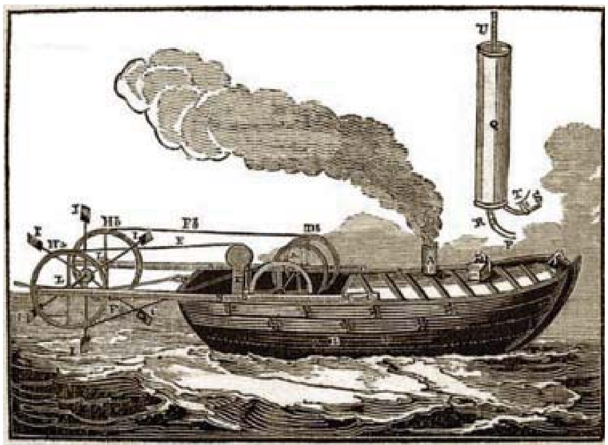


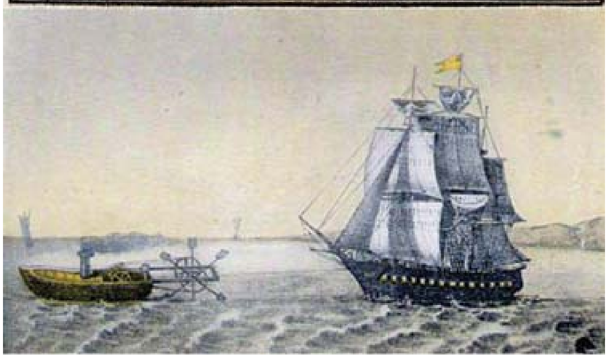
Stampa seicentesca raffigurante un galeone veneziano.

Il battello a vapore di Fulton

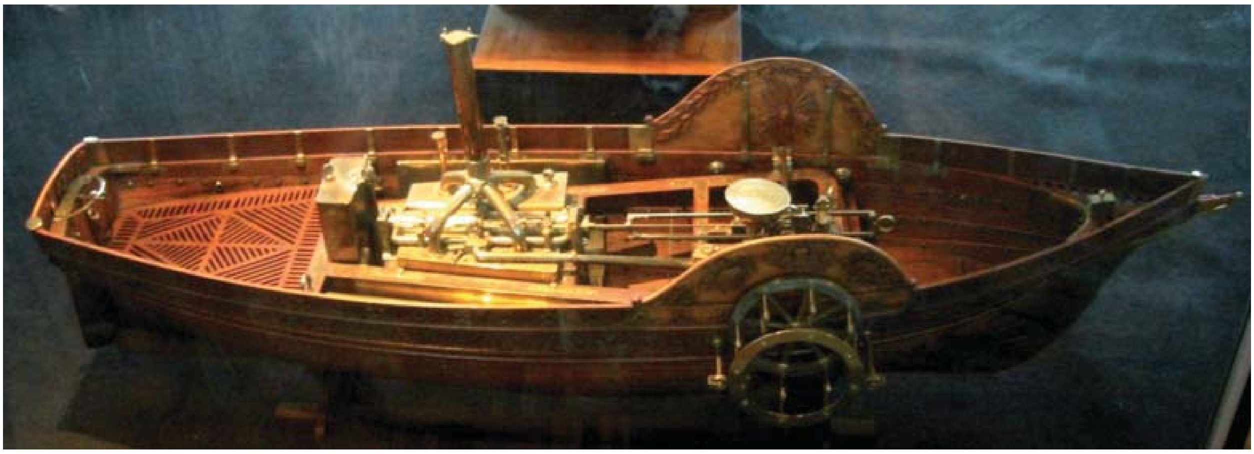
Stando alle notizie disponibili in materia, nel 1707 è lo stesso Dionigi Papin a far navigare sul fiume Fulda, un affluente del Weser, un battello mosso dal vapore che fu però immediatamente distrutto dai battellieri per paura di un'impari concorrenza.

Nel 1732 è Maurizio di Sassonia a cimentarsi con un battello del genere mosso però, come nella raffigurazione del *De rebus bellicis*, da pariglie di cavalli, tramite un'apposita giostra. Lo segue nel 1736 Jonathan Hull che applica delle ruote a pale a una macchina a vapore del tipo Newcomen, ricavandone un piccolo rimorchiatore fluviale. Nel 1752 è la volta di Daniel Bernouilli che propose di munire il battello di due ruote sulle fiancate simili a quelle dei mulini. Propose inoltre di adottare come organo di propulsione una vite d'Archimede, una coclea, che fatta girare avrebbe prodotto l'avanzamento della nave comportandosi l'acqua come madrevite. La mancanza di un motore di sufficiente potenza per azionarla rese impraticabile la proposta, che tuttavia non fu affatto dimenticata. E forse fu proprio per quei suggerimenti che l'Accademia delle Scienze di Parigi indisse l'anno dopo un concorso circa una eventuale proposta, o progetto, sui *Moyens de supplèer ò l'action des vents pour la marche des vaisseaux*. Di per sé il bando non intendeva esplicitamente riferirsi a un mezzo navale a propulsione meccanica, meno che mai con macchina a vapore, che in quegli stessi anni stentatamente funzionava per drenare l'acqua dalle miniere. Il bando, invece, sembrerebbe piuttosto simile a quello concernente un sistema per la determinazione della longitudine indetto dalla *Royal Navy*. In altri termini sarebbe andato benissimo un elaborato che avesse trovato o come catturare i venti o come evitarne l'esigenza ricorrendo alle correnti. Nel 1763, tuttavia, si registra ancora la sperimentazione di un altro battello a vapore, in America, sul fiume Constoga: il dettaglio che le fonti non ne tramandino le caratteristiche ne lascia supporre uno scarso successo. Nel 1768 Paucton, riprendendo l'idea di Bernouilli, prospetta la sostituzione delle ruote con viti di Archimede da disporre, sempre in coppia, ai fianchi della nave e anche in questo caso la proposta non ebbe seguito concreto. Nel 1772 un altro battello a vapore mosso dalla macchina di Watt naviga sulla Senna, ma viene distrutto dai battellieri.





In alto: *il battello di Dionigi Papin è distrutto nel 1707 dai battellieri del fiume Fulda.*
Sopra: *il piccolo rimorchiatore fluviale del 1736 di Jonathan Hull mosso da ruote a pale azionate da una macchina a vapore del tipo Newcomen.*



Per quanto si è in grado di appurare, le prime esperienze meno velleitarie ed estemporanee di navigazione a vapore, sia pure fluviale, sembrano rimontare al 1775.[16] In quell'anno in Francia, e sempre sulla Senna, si iniziò a provare un battello mosso da una macchina alternativa costituita da un cilindro di 200 mm di alesaggio: la potenza erogata si rivelò, però, insufficiente allo scopo. Il 15 luglio del 1783, alla presenza di un migliaio di spettatori assiepati sulle rive della Saona, fra cui anche membri dell'Accademia di Lione, il piroscafo PYROSCAPHE del marchese Jouffroy d'Abbans di 182 t, con ruote a pale, iniziò a risalirne il corso. In quella sezione la corrente non risulta intensa e l'imbarcazione non ebbe difficoltà a vincerla. Nonostante il successo, però, il battello non convinse, tanto più che per sfruttare economicamente l'invenzione al marchese sarebbero occorsi finanziatori ma questi, dal canto loro, richiedevano una esplicita certificazione sulla priorità inventiva. Alla fine il documento si subordinò ad una seconda dimostrazione da tenersi sulla Senna. Vuoi per paura degli oneri necessari all'attuazione, vuoi per paura della corrente di gran lunga maggiore, il marchese desistette: il suo PYROSCAPHE, dopo un altro anno ancora di brevi uscite sulla Saona, scomparve dalla scena.

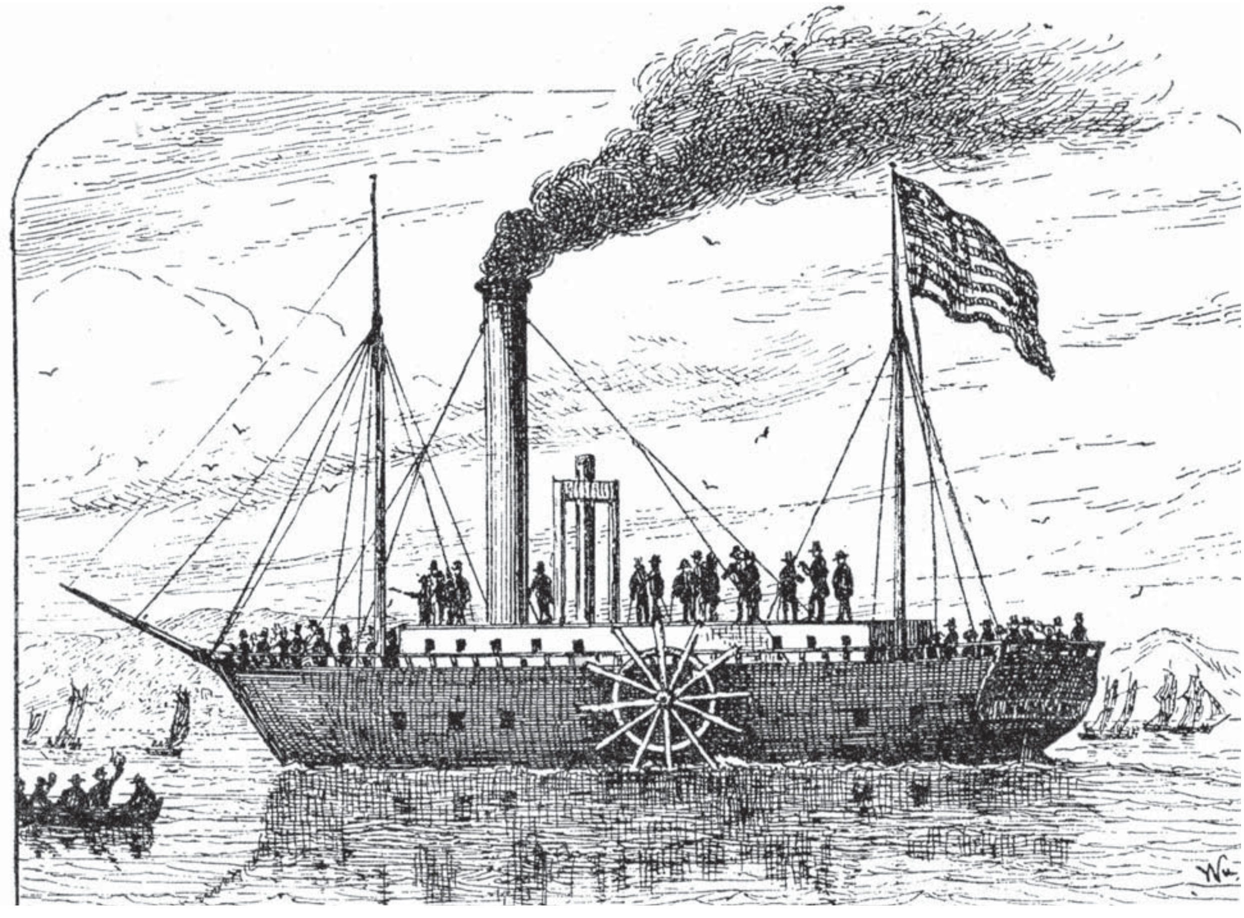
Robert Fulton, 1765-1815, invece, forte del notevole stupore suscitato dal suo sommergibile a manovella varato nel 1800[17], si cimentò in una nuova sfida. Aiutato dal diretto coinvolgimento di Robert Livingston, cognato di George Stevens padre della locomotiva a

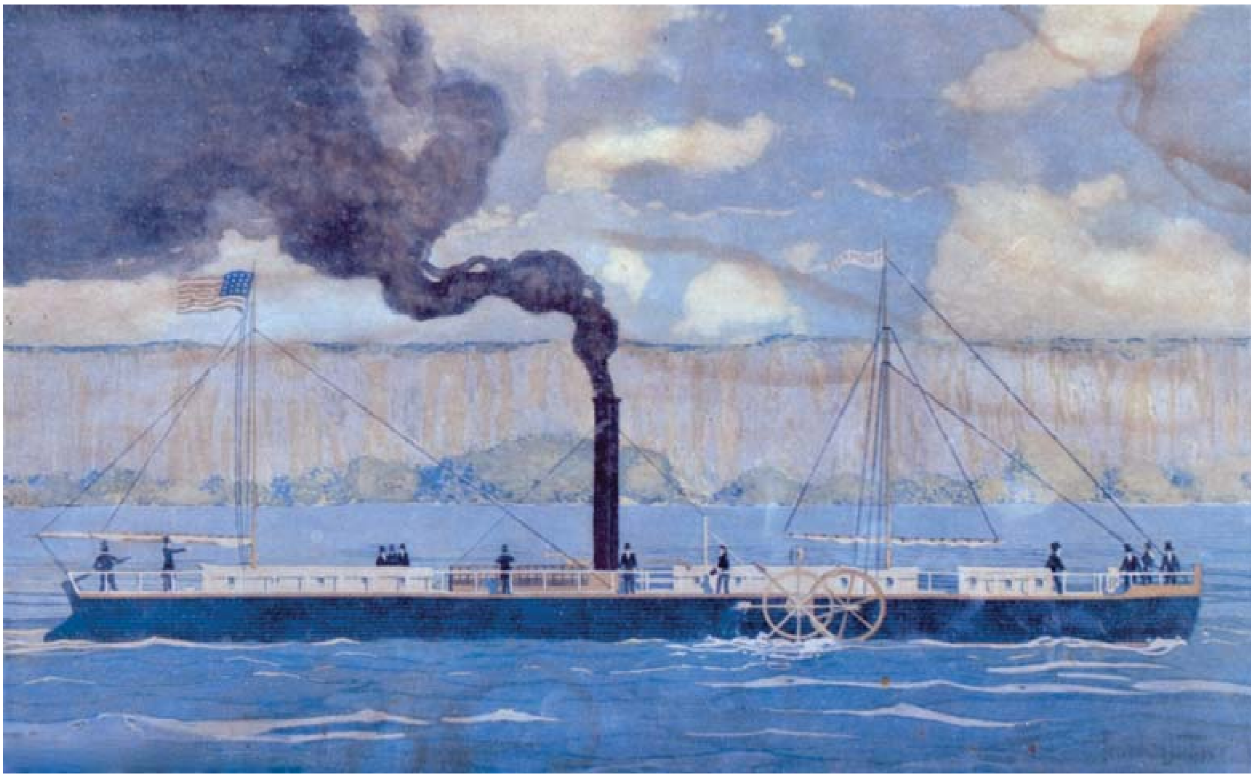
16 Cfr. F. RUSSO, *In mezzo al mar ci son camin che fumano*. Suppl. Rivista Marittima, novembre 2009, pp. 48-57.
17 Cfr. F. RUSSO, *20.000 anni sotto i mari*, Suppl. Rivista Marittima, in corso di stampa, pp. 110-113.

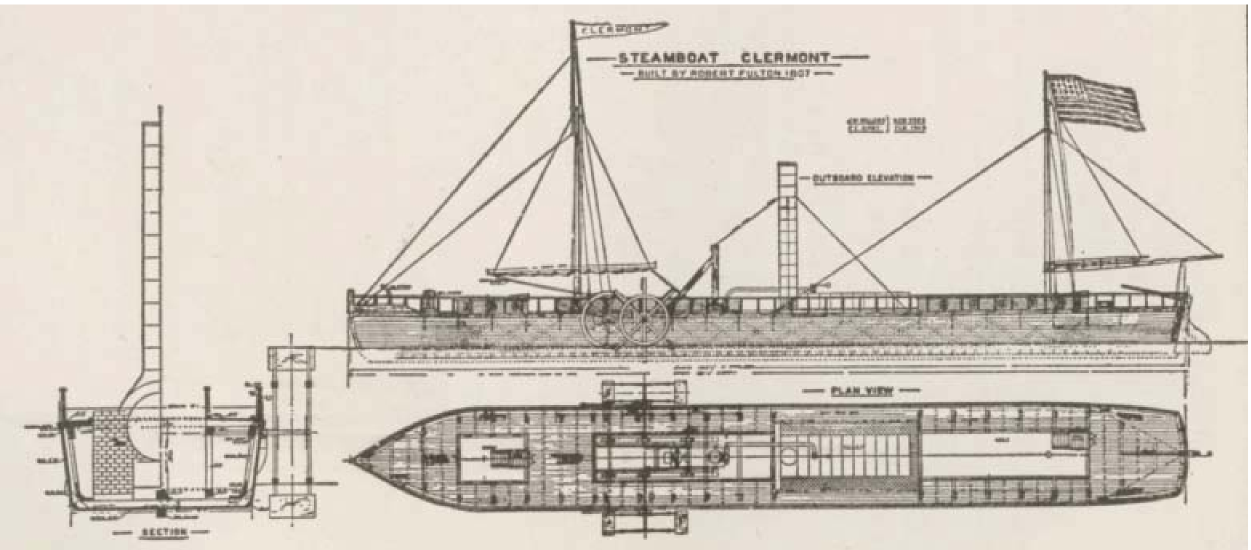
In alto: *modello in miniatura del piroscafo PYROSCAPHE del marchese Jouffroy d'Abbans.*
A fianco: *statua in bronzo del marchese d'Abbans.*

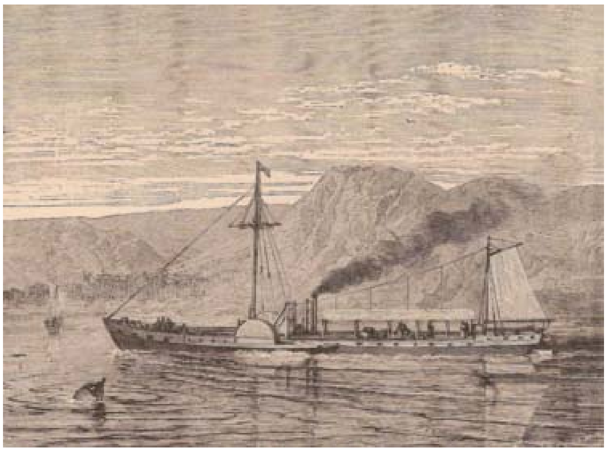
vapore, nel 1807 intraprese la costruzione di un battello a vapore, lungo circa 50 m e dislocante un centinaio di tonnellate. Si trattava di un piroscafo, il primo a ruote per impiego mercantile, il *Clermont*, seguito nel 1809 dal *Comet*, entrato in servizio in Europa sul fiume Clyde nel 1812. Il successo che arrise all'iniziativa portò Fulton a costruire altri quindici battelli, consentendogli di accumulare una rilevante fortuna ed una generale stima. Quale accelerazione avesse dato all'evoluzione della navigazione a vapore basti a dimostrarlo la data della prima traversata della Manica da parte di un piroscafo, il 1816, e quella dell'Atlantico, il 1819. Nel giro di appena sette anni la causa del battello a vapore era ormai irreversibilmente vinta! Restava da compiere un'ultima ma fondamentale adozione tecnica per superare gli estremi retaggi del remo, manuale o meccanico, oscillante o rotante che fosse: l'istallazione dell'elica, anticipata, sia pure azionata dalla forza muscolare, sul *Nautilus*. Paradossalmente, sebbene l'idea originaria dell'elica e il suo criterio informatore siano persino più antiche di quella della ruota a pale e della turbina a vapore, l'affermarsi risultò molto più complesso e controverso della stessa propulsione a vapore. E fu appunto il sommergibile a sostenere nella questione il ruolo di apripista, al termine di una lunga fase evolutiva.

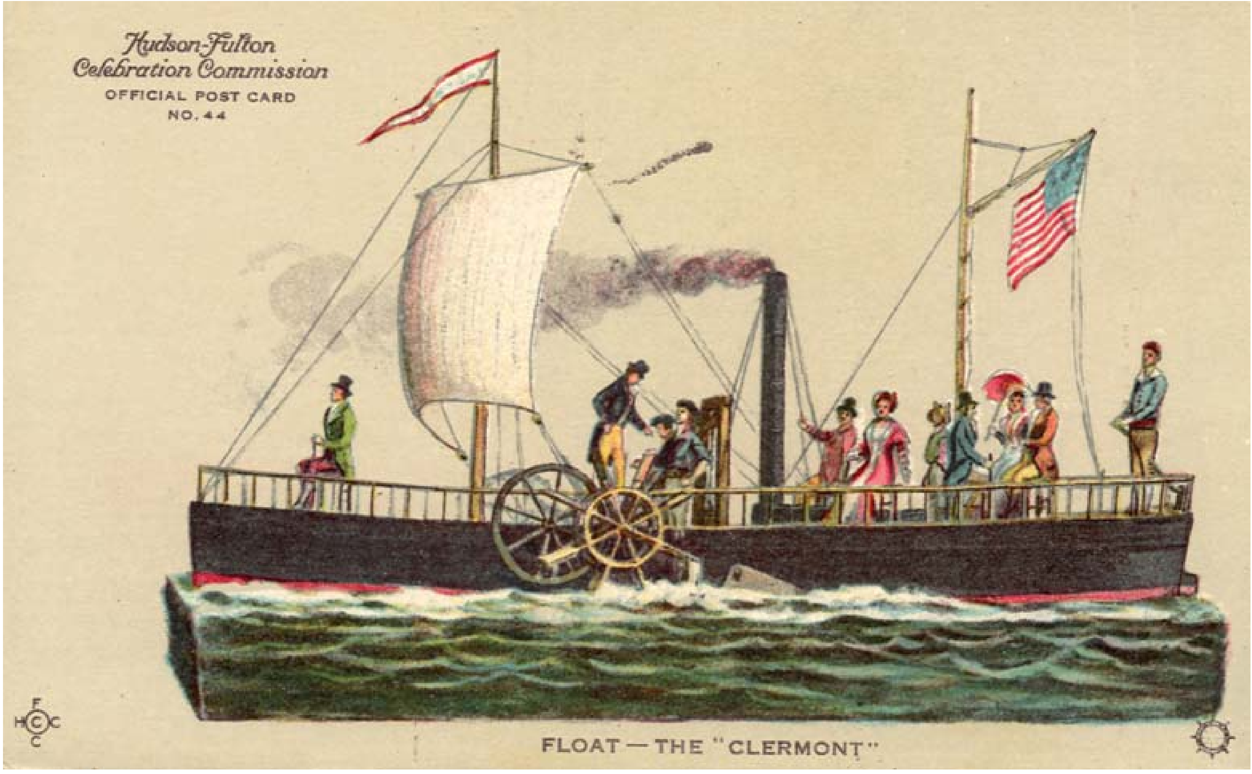
Sopra: *ritratto di Robert Fulton.*
Sotto: *stampa raffigurante il Clermont in navigazione.*





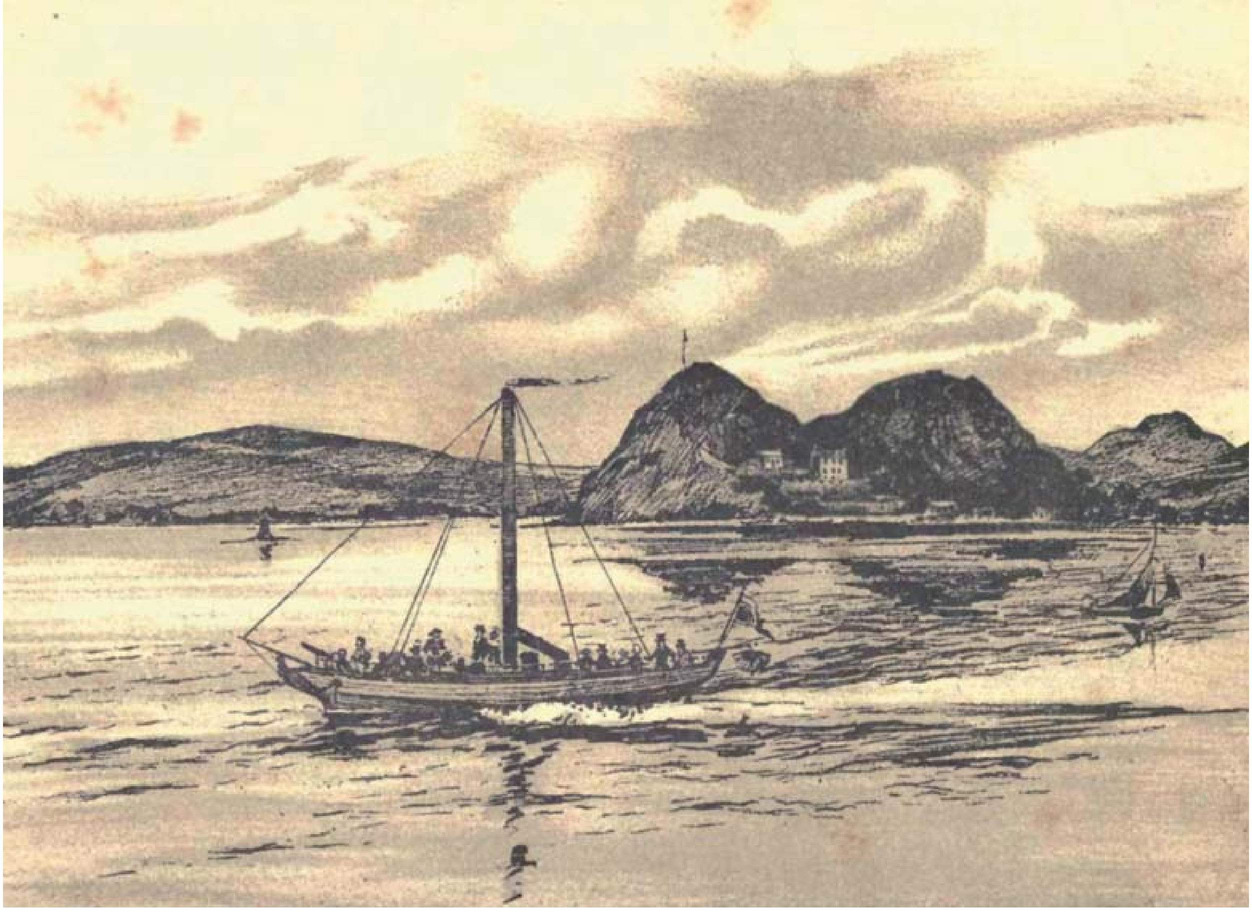

CLERMONT
STEAMBOAT CLERMONT
BUILT BY ROBERT FULTON 1807
OUTBOARD ELEVATION
PLAN VIEW
SECTION





Nella pagina a fianco, sopra: *quadro della prima metà del XIX sec. raffigurante il Clermont in navigazione.*
Nella pagina a fianco, al centro e sotto: *disegni tecnici e stampe raffiguranti il varo e la navigazione del Clermont.*

Sopra: *cartolina commemorativa del Clermont.*
Sotto: *Il Comet in navigazione davanti al Dumbarton Castle, in Inghilterra, nel 1812.*



Moti verticali

Scendere nel mare

La campana subacquea risale ad Aristotele, come già ricordato nel primo volume: è però nel XVIII secolo che ricevette la sua più importante innovazione, in grado di consentire al suo equipaggio una permanenza sott'acqua teoricamente illimitata. Fra le stampe raffiguranti delle campane subacquee, moltiplicatesi dopo il recupero dei cannoni del Vasa[18] ne spicca una, disegnata in sezione e di discreta grandezza, attribuita allo scienziato Edmond Halley, 1656-1742, celebre per la cometa che lo ricorda della quale calcolò l'orbita, ma che oltre all'astronomia nutrì molteplici interessi, tra cui quelli per le attività subacquee. Inventò, infatti, una campana da immersione in grado di rinnovare l'aria al suo interno, quasi certamente la prima del genere. Le precedenti campane pur disponendo di un abbondante volume di aria che avrebbe garantito una lunga permanenza in immersione, in pratica vi potevano restare ben poco, saturandosi l'ambiente con l'anidride carbonica emessa dalla respirazione, che si concentrava nella parte superiore della campana per essere più calda. Evacuando quel ristagno con una apposita valvola apicale comandata dall'interno ed immettendovi aria fresca a pressione appena maggiore si determinava un totale ricambio, prolungando indefinitamente la permanenza sul fondo.

Nella suddetta stampa, come nelle tante similari, compare a fianco della campana e a essa collegato da un tubo, un barile fluttuante, sospeso a una fune. Debitamente zavorrato, probabilmente tramite un involucro di piombo, disponeva di due aperture, una inferiore e una superiore munita di un tubo con l'estremità opposta nella campana: aprendo la valvola di fondo del barile, l'acqua vi penetrava spingendo perciò quella contenutavi tramite il tubo nella campana che veniva così, dopo vari apporti, interamente cambiata. Scriveva al riguardo Halley, dopo aver verificato sperimentalmente la sua idea:

> *La campana di cui mi sono servito era costruita in legno, in forma tronco-conica del volume interno di circa 60 piedi cubici, con un diametro superiore di 3 piedi* [circa 100 cm] *e 5* [circa 150 cm] *inferiore. Rivestita completamente di piombo era così pesante che sarebbe facilmente affondata anche vuota, ed ho distribuito il peso soprattutto sulla sua base di modo che sarebbe scesa con assetto verticale senza alcuna altra inclinazione. Nella parte superiore ho collocato uno spesso vetro trasparente, come un oblò per fare entrare la luce dall'alto, ed anche una valvola per fare uscire l'aria calda (viziata)... Questa macchina ho sospeso all'albero di una nave tramite un braccio che la può far sporgere fuori dal bordo o farla rientrare quando necessario.*[19]

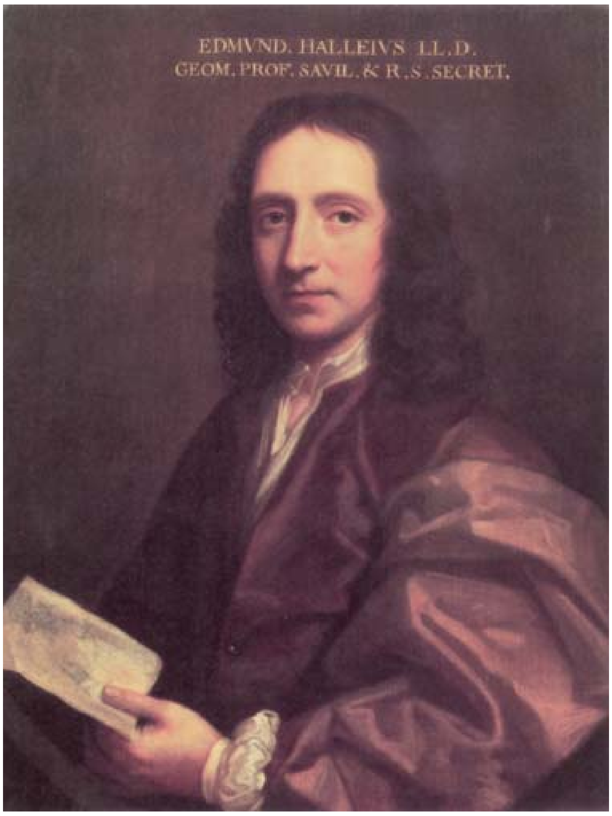
Quanto al rifornimento d'aria aggiungeva:

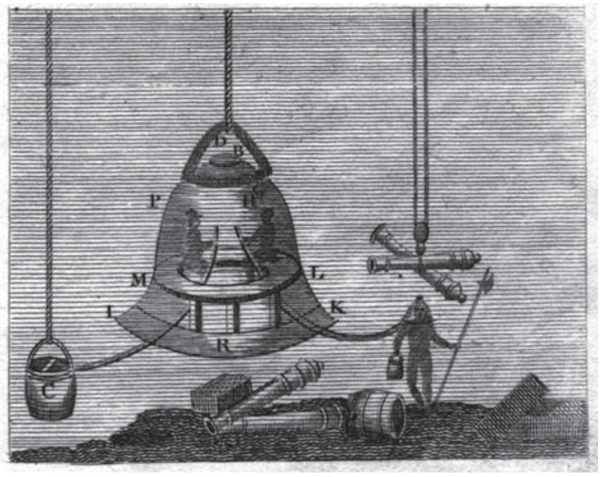
> *Per fornire aria a questa campana quando si trova sott'acqua, ho utilizzato un paio di barili, di circa 36 galloni ciascuno* [162 litri], *i quali essendo rivestiti di piombo affondavano senza bisogno di zavorra. Ognuno di essi aveva una valvola nella sua parte inferiore per farvi entrare l'acqua... E a un foro nella parte superiore di questi botti ho fissato un tubo, ben sigillato con cera d'api, abbastanza lungo in basso, e vi ho aggiunto un peso in modo che l'aria dalla parte*

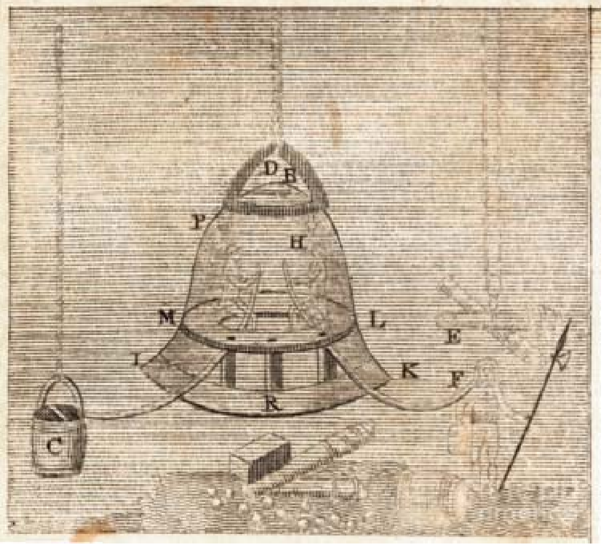
18 Una efficace testimonianza diretta sulla campana usata per il recupero dei cannoni del Vasa nel 1663 ci è stata lasciata da F. NEGRI, *Viaggio settentrionale fatto e descritto da Francesco Negri da Ravenna,* Padova 1700.

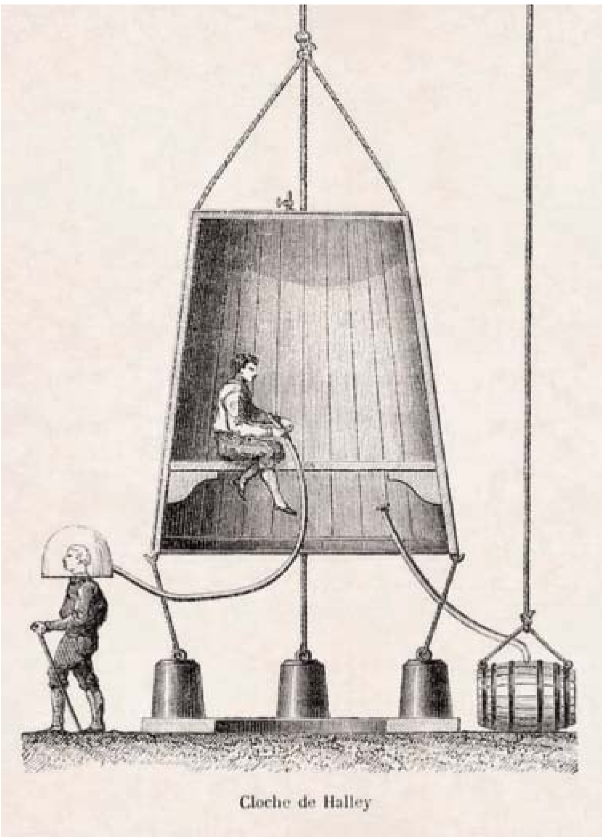
19 Da E. HALLEY, *L'arte di vivere sotto l'acqua,* pubblicato nel volume n° 29 *della Philosophical Transactions,* del 1714-1716.

Sotto: *ritratto di Edmond Halley.*









In alto, a sinistra e a fianco: *stampa ottocentesca che raffigura la campana di Halley in rifornimento: esatta la collocazione della manichetta sul barile.*
Sopra: *sezione schematica in una stampa settecentesca della campana di Halley intenta a rifornirsi di aria da un barile: la posizione della manichetta di trasferimento è sbagliata.*

superiore delle botti non poteva sfuggirvi, a meno che l'estremità inferiore di questo tubo flessibile non fossero state sollevate. I barili dell'aria così preparati, li ho montati su di un'attrezzatura adeguata per farli salire e scendere alternativamente, alla maniera di due secchi in un pozzo, prestazione tanto facile da attuare, che due uomini con meno di metà della loro forza, potrebbero eseguire, quale che ne fosse l'esigenza. Nella loro discesa i barili vengono guidati da funi fissate al di sotto del bordo della campana, che passano attraverso degli anelli posti su entrambi i loro fianchi, in modo che scendendo su dette funi vengono prontamente alla mano di un uomo, collocato apposta sul bordo per riceverli, che immette l'estremità del loro tubo nella campana. Attraverso questo tubo, comunicante con la parte superiore del barile non appena si consente all'aria di entrarvi dal foro inferiore, l'aria contenuta è soffiata con grande forza nella campana.[20]

20 Da E. HALLEY, *L'arte di vivere sotto l'acqua...*, cit.

Ascendere nel cielo

Stando alle sue memorie, Joseph Montgolfier, 1740-1810, durante una rigida sera del novembre del 1782 trascorsa dinanzi al camino fantasticando sulla conquista della fortezza di Gibilterra, rivelatasi inespugnabile da terra e da mare, immaginò un assalto dall'alto, con attaccanti sollevati in aria come le faville che vedeva innalzarsi dal ceppo che bruciava. Studiando meglio la questione giunse a supporre che proprio nel fumo che saliva nella canna vi fosse un qualche gas leggerissimo causa del fenomeno. Per verificare l'ipotesi costruì una scatola con i lati di legno sottilissimo coperto da un leggero tessuto, di poco più di 1 m^3, ponendola sopra un effimero fuoco di carta. La scatola si sollevò confermando così, se non la ragione, la dinamica della sua intuizione.

Convinse immediatamente il fratello Jacques Étienne Montgolfier, 1745-1799, a partecipare alla costruzione di un grande contenitore dicendogli: *"Presto, procurati una buona dose di taffettà e di corde e ti mo-*

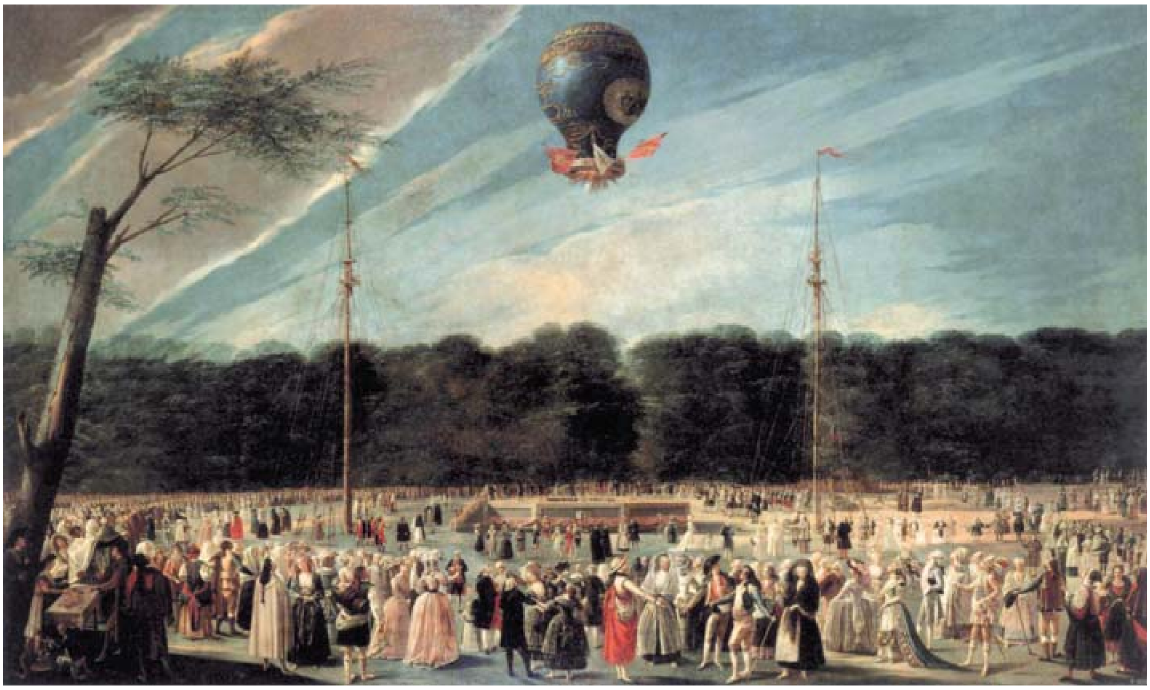
strerò uno dei più sbalorditivi fenomeni al mondo!". I fratelli iniziarono così a lavorare assieme al fantastico progetto di far innalzare un uomo nell'aria, realizzando un involucro di circa 30 m³ che subito sollevatosi il 14 dicembre dello stesso anno sfuggì al controllo cadendo a un paio di km di distanza.

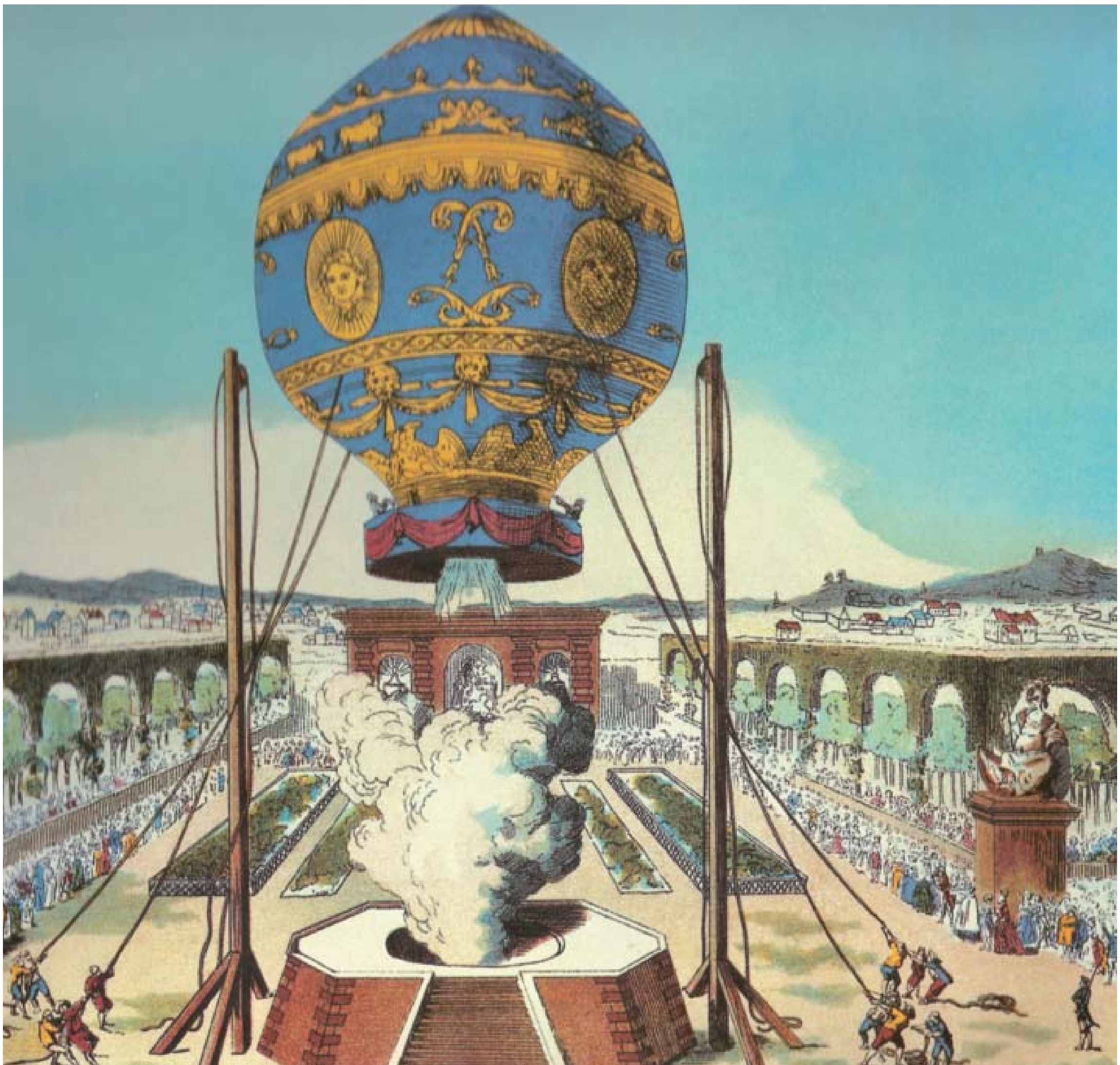
Assodata la potenzialità del mezzo, i fratelli si cimentarono con un involucro di forma sferica di circa 800 m³**,** pesante un paio di quintali. Quattro teli uniti da alcune migliaia di bottoni e trattenuti da una rete da pescatore, costituivano il grande pallone che alla presenza di un gruppo di osservatori sulla piazza di Annonay[21], il 4 giugno del 1783 si sollevò raggiungendo la quota presunta di 1500-2000 m. Il primo sollevamento umano avvenne con un pallone di circa 1700 m³ il 21 novembre succes-

21 Per una cronaca dettagliata dell'evento cfr. F. DE SAINT-FOND, *Description des expériences de la machine aerostatique de MM. De Montgolfier*, Parigi 1783. Parte seconda: *Les expériences.*

A fianco: *monumento in onore dei fratelli Montgolfier, Annonay, Ardèche, Francia.*
Sotto: *sollevamento dell'aerostato dai giardini di Versailles.*
Nella pagina a fianco: *il primo sollevamento pubblico, ad Annonay, dell'aerostato dei fratelli Montgolfier.*

1re EXPÉRIENCE AEROSTATIQUE A ANNONAY, le 4 Juin 1783
COLLECTION 476.
1re Série. (N°2)
ROMANET & Cie IMP. EDIT. PARIS





sivo con equipaggio di due uomini: grazie al leggero vento coprirono con un volo di una ventina di minuti la distanza di 9 km restando a un centinaio di metri di quota. Il 24 giugno dell'anno seguente l'ascensione fu effettuata alla presenza del sovrano e della consorte ed il volo, che si protrasse per quasi 45 minuti, si estese per 12 leghe, circa 48 km. Seguiranno sempre più frequenti ascensioni libere e vincolate, con aerostati in alcuni casi di straordinaria grandezza.

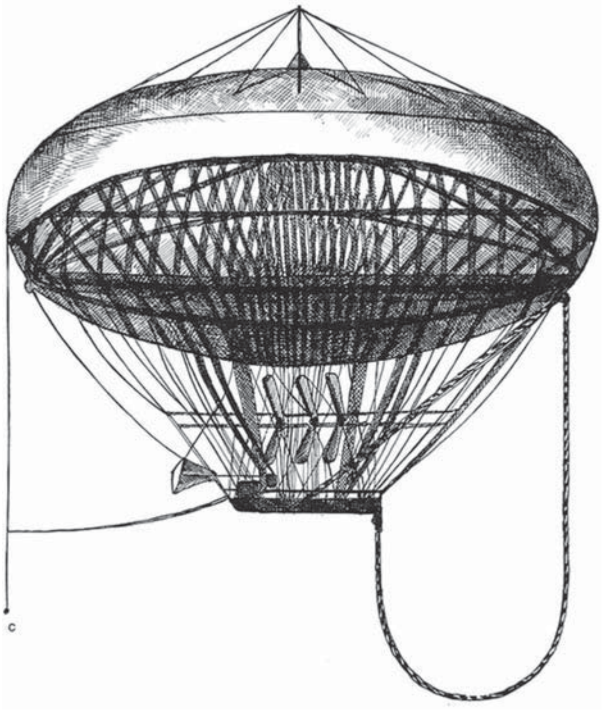
Appena 10 anni dopo, durante la battaglia di Fleurus, le forze rivoluzionarie francesi si avvalsero di una mongolfiera per osservare i movimenti del nemico. L'espediente fu ripetuto anche nella Guerra di Secessione americana, nel corso della quale si ebbe pure il primo impiego di truppe aviotrasportate, formazione scaturita da un'idea di Thaddeus Lowe, rivelatasi efficace e, soprattutto, precorritrice. Nel corso della Grande Guerra si usarono ancora palloni frenati, definiti *palloni da osservazione*, come posti elevati di osservazione, dotandoli di telefono: ma per la loro immobilità rappresentavano un facile bersaglio per l'artiglieria nemica.

Nella pagina a fianco, sopra: *raffigurazione settecentesca del primo sollevamento pubblico, ad Annonay.*
Nella pagina a fianco, sotto: *stampa settecentesca che raffigura il gonfiamento con aria calda dell'aerostato.*
Sopra: *tela raffigurante la battaglia di Fleurus del 1793: sullo sfondo nel cielo in alto a destra si nota la mongolfiera usata come postazione di vedetta.*

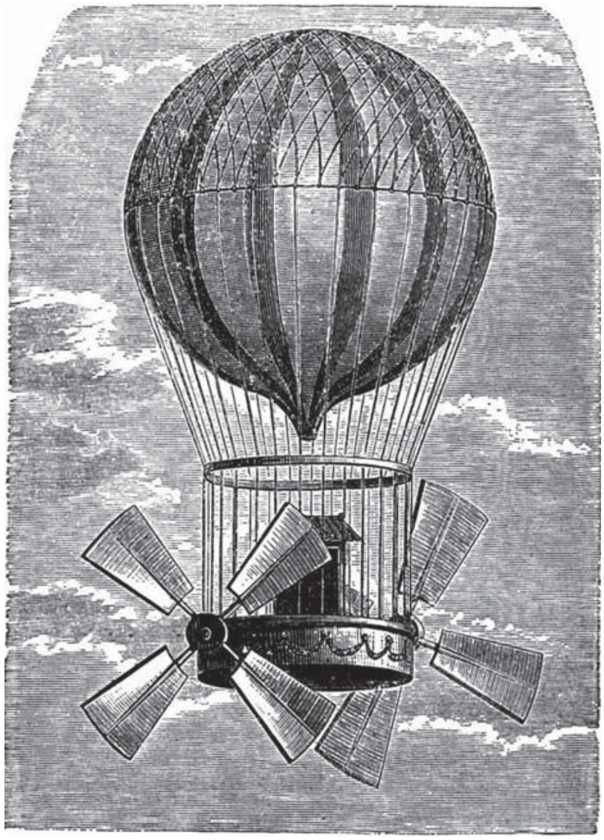
Spostarsi nel cielo e in fondo al mare

L'elica

Per molti aspetti la campana subacquea ha lo stesso rapporto con il sommergibile che il pallone aerostatico ha col dirigibile. Entrambi potevano scendere e salire nell'acqua o nell'aria, ma senza alcuna possibilità di spostarvisi autonomamente e discrezionalmente. Si tentò l'utilizzo di appositi remi, ma subito ne fu evidente l'assoluta inadeguatezza, per cui si ricorse a qualcosa che da secoli azionava i mulini a vento ad asse orizzontale: l'elica. Il nome derivava dal greco *elix* chiocciola, per la sua conchiglia avvolta a spirale, da cui verosimilmente Archita trasse



Sopra: *l'aerostato quasi dirigibile di Jean Baptiste Marie Meusnier.*
Sotto: *l'aerostato* COMPTE D'ARTOIS *di Alban e Vallet munito di eliche.*



lo spunto per l'invenzione della vite perfezionata poi da Archimede.

Fra i primi a studiarne l'impiego come organo di trazione, Jean Baptiste Marie Meusnier (1754-1793), ufficiale e buon matematico: la sua mongolfiera di 18 m di lunghezza per 12 di diametro, che per la forma allungata anticipava i futuri dirigibili, venne dotata di tre grosse eliche, ovviamente azionate a mano, simili alle giranti eoliche suddette. L'Accademia delle Scienze, per fin troppo evidente carenza di forza motrice, non le prese neppure in considerazione, come del resto già aveva fatto, sempre per la medesima ragione, nel 1753 con Daniel Bernoulli. Ed è certamente significativo osservare che, dopo avere vanamente provato a far navigare i palloni servendosi di vele, timoni e remi, a partire dal 1785 si ricorse alle eliche per tentare di dirigere le mongolfiere, pur conservando ancora le navicelle a forma di piccolo battello! Non a caso quando quella sfida sarà risolta il pallone si chiamerà 'dirigibile'. Nello stesso anno debutta pure un altro pallone dirigibile, il *Compte d'Artois*, che per conseguire il medesimo risultato fu dotato dai suoi costruttori, Alban e Vallet, di una coppia di grandi eliche.

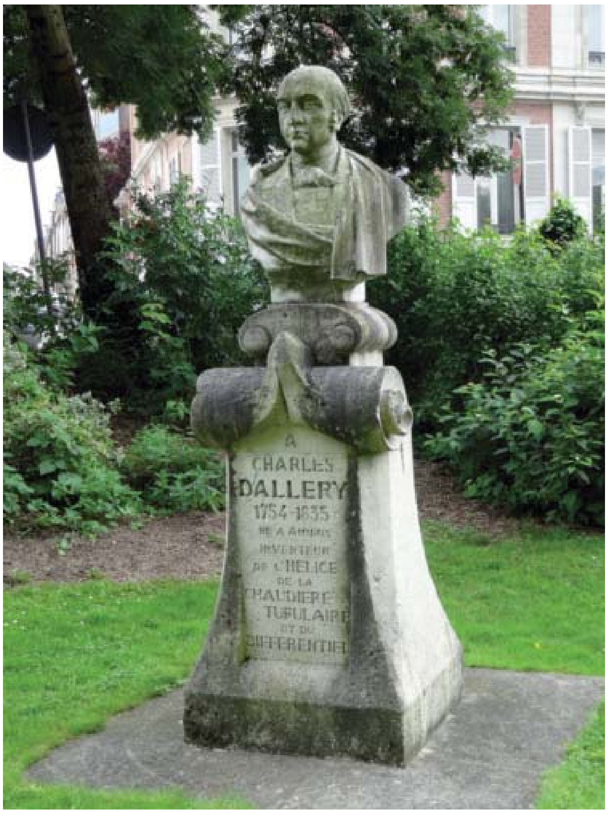
L'elica che sia pur lentamente si andava affermando nella navigazione aerea passò ben presto anche alla sottomarina, essendo l'unico organo di presa capace di funzionare completamente immerso in un fluido, liquido o aereo che fosse. Ad avviarne l'adozione fu lo stesso Vallet che ne munì un suo battello, azionandola ovviamente a mano. Insufficiente la potenza ma giusta l'idea, come conferma un gran numero di mezzi navali odierni mossi da un'elica aerea, dal piccolo pedalò ai grandi *overcraft.*

Al di là delle effettive potenzialità, il concetto che per muoversi in un fluido omogeneo fosse necessario un organo di presa capace di avvitarsi in esso era però acquisito. Ovvio che quando si immaginò la realizzazione di una campana o, per meglio dire, di uno scafo stagno e capace di immergersi, per il suo spostamento si ricordò la girante a palette oblique, coclea o elica che fosse. E di sommergibili, nel senso moderno della accezione, si iniziò a parlarne sin dalla prima metà del XVII secolo, grazie alle loro fin troppo evidenti potenzialità d'impiego militare insidioso, sebbene mossi da opportuni remi a pala asimmetrica.

Il concetto di per sé non era astruso, essendo ben noto lo spostamento di una vite rotante rispetto alla sua madrevite fissa. Implicito, pure, che se il suo

verme fosse stato sufficientemente ampio la madrevite avrebbe potuto essere l'acqua o l'aria in cui era immersa, determinando in entrambi gli ambiti un avanzamento nella direzione dell'asse di rotazione. Va ricordato, al riguardo, un ingenuo gioco consistente nel porre la buccia tagliata a spirale di una mela, o meglio ancora di un'arancia, con il polo poggiato sopra un chiodo fuoriuscente da un braciere: la buccia, in pochi istanti, inizia a girare, mossa dalla corrente d'aria calda.[22] Le pale inclinate dei mulini a vento altro non erano che segmenti di spirale, di un'elica cioè di una vite, sui quali la corrente idrica o eolica agivano da madrevite ponendole in rotazione. Dal punto di vista geometrico l'elica cilindrica è una curva omeomerica: cioè dati due qualsiasi suoi punti, P e Q, esiste sicuramente un movimento rigido in grado di far pervenire P in Q, senza arrecare alcuna modifica alla curva. In altre parole la curva può scorrere su se stessa, senza alterare la propria forma, peculiarità che gli consente di ruotare continuamente all'interno di una madrevite senza incepparsi. Il che produce, dal punto di vista ottico, la sensazione che ruotando il suo verme non finisca mai da cui, appunto, la definizione di vite senza fine! Un battello sommergibile, diversamente da una nave di superficie, non poteva essere mosso in immersione né da remi né da ruote a palette, e quando lo si tentò gli esiti furono a dir poco frustranti, per cui doveva disporre di un organo di presa in grado di funzionare anche sott'acqua. Per la storia, l'invenzione dell'elica per la propulsione navale è attribuita a Charles Dallery, 1754-1835, che in effetti la brevettò nel 1803 sebbene alle sue spalle vi fosse una ampia sperimentazione e diverse estemporanee adozioni.

A fianco: *il termoscopio in allestimento museale.*
Sotto: *busto in bronzo a Charles Dallery inventore ufficiale dell'elica.*

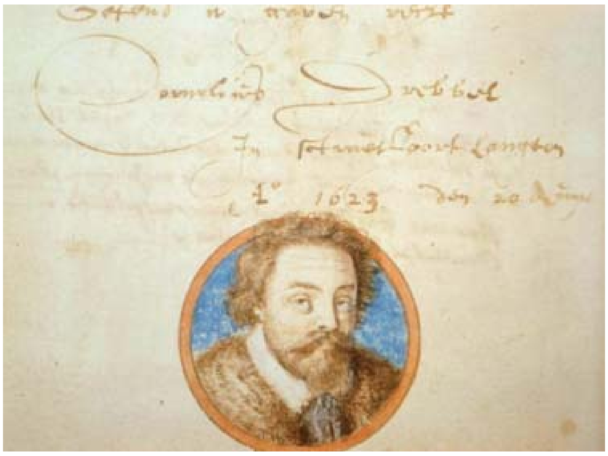


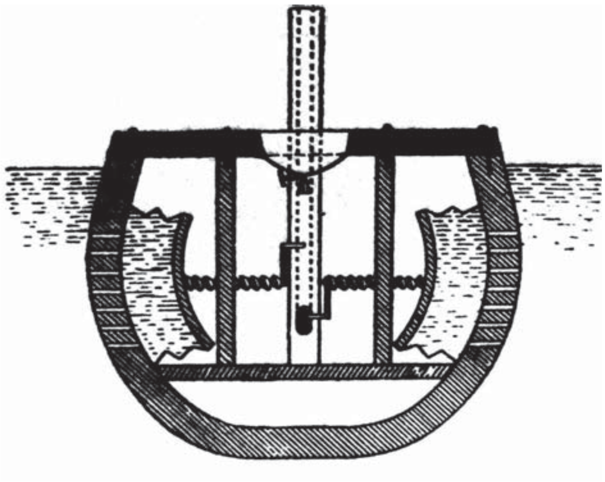
22 Fu questa probabilmente lo spunto inventivo per la famosa vite aerea di Leonardo da Vinci. In merito cfr. F. RUSSO, *Leonardo inventore? L'enigma di un testimone del passato scambiato per un profeta del futuro,* Napoli 2009, pp. 358-359.

Il sommergibile

Per la *Royal Navy*, fu un suo artigliere, tal William Bourne, o anche Bourne di Gravesend, 1535-1585, il primo inventore del sommergibile, dando così con britannica superficialità al battello e al relativo criterio informatore una precisa data di nascita. In realtà si trattò di una idea maturatasi lentamente per successivi perfezionamenti, la cui essenza insiste nella capacità di immergersi e di riemergere tramite una variazione di densità ottenuta incrementando o riducendo le quantità di acqua imbarcate. Era risaputo dalla notte dei tempi che una barca affondava se vi entrava molta acqua e per conseguenza che il contrario l'avrebbe dovuta far riaffiorare: improbo però escogitare il come farlo! Non stupisce pertanto che quel primo battello subacqueo avesse un differente maniera di mutare la sua densità rispetto agli attuali: non modificando la quantità d'acqua nelle apposite casse allagabili ma il volume delle casse stesse, collocate sui fianchi interni dello scafo! Allo scopo, stando allo schema del 1578 pubblicato nel suo libro[23], il battello era uno scafo di legno rivestito di cuoio, ermeticamente chiuso, in grado perciò di immergersi imbarcando acqua in delle casse a soffietto, la cui navigazione avveniva tramite speciali remi a pala asimmetrica. L'emersione, poi, si otteneva agendo su delle leve che, spingendo

23 Cfr. W. BOURNE, *Inventions or devices, very necessary for all Generales and Captaines, or leaders of man, as wel by sea as by land*, Londra 1578.





In alto: *ritratto di Cornelius Drebbel.*
Sopra: *sezione schematica del sommergibile di William Bourne: ben evidenti le casse a soffietto per la zavorra d'acqua.*
Sotto: *ricostruzione museale del sommergibile di Cornelius Drebbel.*

Sopra: *il sommergibile a 12 remi di Cornelius Drebbel ritratto durante la navigazione nel Tamigi nel 1621, in un dipinto di G.H. Tweedale. Royal Submarine Museum, Gosport.*

verso l'esterno i soffietti, ne scacciavano l'acqua. L'idea, per quanto è dato appurarne, non trovò alcuna concretizzazione immediata: forse solo una ventina di anni dopo, nel 1605, qualcosa del genere fu effettivamente costruito e funzionò a metà: discese sul fondo del Tamigi ma non ne risalì più!

Il sommergibile di Cornelius van Drebbel, 1620

L'idea che un battello sottomarino potesse muoversi a remi, sia pure modificati, come una normale nave di superficie, riuscì a trovare un altro convinto sostenitore nell'olandese Cornelius Drebbel, 1572-1633. È ritenuto se non l'inventore, per quanto accennato, di certo il primo progettista e costruttore di un sommergibile che realmente navigò immerso nel Tamigi nel 1621, sia pure per un brevissimo tratto, verosimilmente ad una profondità non maggiore di 3-4 m, restando immerso per circa tre ore. La prova avvenne dinanzi al re Giacomo I d'Inghilterra e, secondo la tradizione, lo stesso sovrano condivise l'esperienza.

Le caratteristiche di quel prototipo sono abbastanza semplici da descrivere, essendo una sorta di barca a remi interamente rivestita di cuoio, con un piccolo portello d'accesso, spalmato di grasso per aumentarne l'impermeabilità. Due coppie di remi asimmetrici, muniti di cuffie, anch'esse di pelle e fungenti da guarnizioni sull'estradosso dello scafo, garantivano la propulsione e una corda, con i due passaggi nello scafo sempre a tenuta, azionava il timone. Al ricambio d'aria per l'equipaggio provvedevano alcuni snorkel, che permettevano perciò il protrarsi delle immersioni per varie ore. È stato ipotizzato, proprio per la lunga durata delle immersioni e per il numero di uomini a bordo, che grazie alle conoscenze alchemiche di Drebbel l'aria interna potesse essere in qualche modo rigenerata, magari fissando l'anidride carbonica che altrimenti l'avrebbe resa presto irrespirabile. La notizia è in qualche modo confermata dal celebre Robert Boyle, 1627-1691, che nel 1662 scrisse di un suo dialogo con un eccellente matematico, che una quarantina di anni prima era stato nel sommergibile di Drebbel, dove aveva osservato un composto chimico liquido in grado di sostituire la quintessenza dell'aria consentendo la vita.

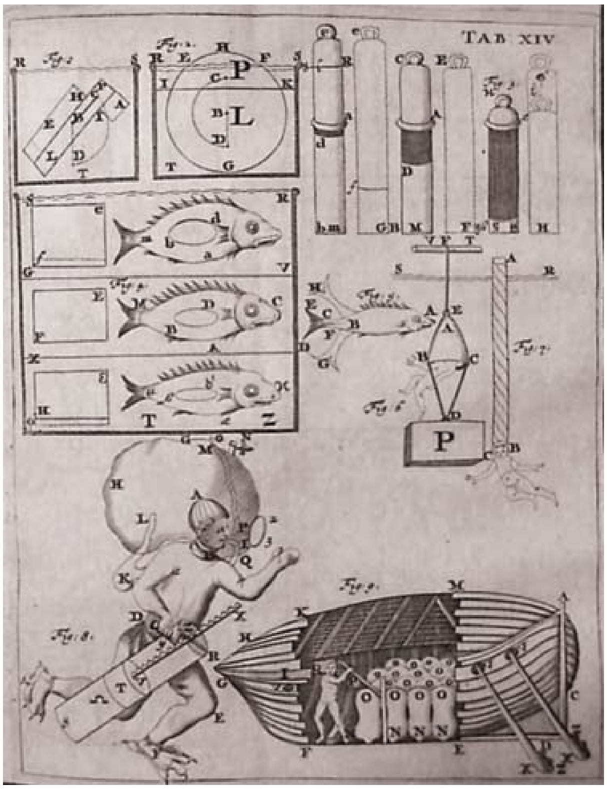
Il sommergibile di Giovanni Alfonso Borelli, 1660

Giovanni Alfonso Borelli, 1608-1679, nacque probabilmente a Napoli da un militare spagnolo e da una certa Laura Borelli. Compì i suoi studi a Roma, insegnando dapprima matematica a Messina nel 1649, quindi a Pisa nel '56 ed infine a Roma, dove trascorse i suoi ultimi anni, entrando nella cerchia di Cristina di Svezia e fondando l'*Accademia dell'Esperienza* più nota come *Accademia di Fisica e Matematica*. In un suo celebre trattato di fisiologia animale, *De Motu Animalium*[24], illustra un suo progetto per un sommergibile, da lui definito in latino *navis urinatoria*, definizione tratta dalla voce verbale latina *urinor* nuoto sott'acqua. Il battello, ricalca per molti aspetti quello sperimentato dal Bourne e dal van Drebble, a partire dalle casse di zavorra a soffietto del primo, alla propulsione a remi del secondo: in ogni caso si tratta di un progetto che non ebbe mai concreta attuazione. Questa la sua descrizione in un facile latino:

Navis urinatoria fabrica, et usus exponitur
Postquam ostendimus, quod hommes in loco undique clauso vivere possint per breve tempus, respirando eundem aerem ibidem contentum, gui si renovetur eodem artificio, propositione 223 expofito, non erit difficile navem undique tectam, ad instar cubiculi,efformare,quae pariter, ut pifces, possit immota permanere in medio profunditatis aquae; & si velimus, eam movere poterimus sursum, et deorsum, e lateraliter. Artificium erit simile praecedenti, quo nimirum navis occupando in aqua spatium se ipsa aequale magis, aut minus potest sponte, ad instar piscium, quiescere in medio profunditatis aquae, aut ad fundum descendere, vel versus superficiem supremam elevari. Hoc fiet, si navis ACEG fundum EF perforatum fuerit in N N N; e utres caprini ON, ON, & c. in navi contenti prono ore N aptentur, ut orificium cujus libet utris N minutis clavis, figacu, aut funiculis circa interna labra prominentia foraminum stricte alligentur, ut aqua per foramina ingressa ventrem cujus libec utris replere possit , & nequeat per futuras, aut per interstitia clavorum intra navem exstillare, aut diffluere.
Facta tali praparatione, patet, quod, quando omnes utres ON, ON in ventre navis contenti, aqua repleti sunt, tunc quidem navis minus spatii in aqua occupat, quam prius, & quam sit moles navis. Et proinde gravior specie in ipsa aqua reddita est; ideogue descendet navis ad fundum non secus, ac saxum: at si compressis

24 A. BORELLI, *De Motu Animalium,* Leida 1710.

Sotto: *ritratto di Alfonso Borelli.*
A fianco: *raffigurazione tratta dal libro di A. Borelli relativa alla sua ipotesi di battello sommergibile.*



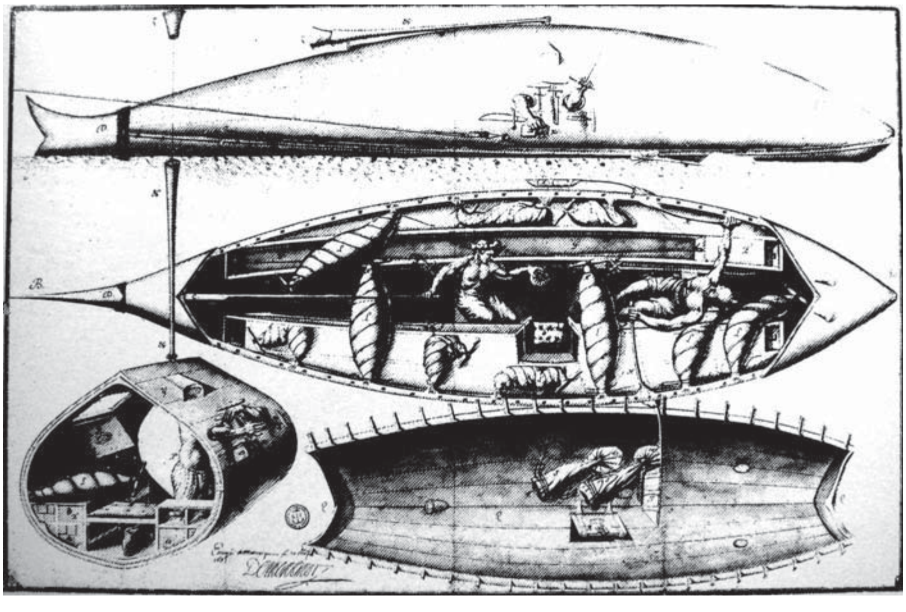
utribus (vecte PO, vite, aut alio modo) aqua per foramina N N extra navim ejiciatur, tunc navis maius spatium in aqua occupabit,quam prius, & transibit per aequilibrium, & tunc quiescet in medio aquae; si vero deinceps levior ipsa aqua efficiatur, sursum ascendet.
In tali porro navi aptari possunt remi XX, duplici pelle caprina ad foramina lateralia V, V, claviculis annexa, & stricte circa remos alligata, ut aquae ingressum in navi prohibeant: & hisce remis, ad instar pedum, navis parum in aqua gravitans poterit impelli & promoveri, in nixis vectibus remorum fuper fundum arenosum. Immo possumus alternatim eam leviorem ipfa aqua reddere, quando sublevata passus conficere debet.
Pro motu vero trasversali, remi habere debent palmas ZZ flexibiles, similes pedibus anserum & rana rum, ut ampliari possint solummedo, quando aquam retrorsum impellunt; & à remis laterali bus, sed ab unico solo remo flexibilis, & resiliente palmato, in puppi posito, à cuius vibrazioni navis sicuti piscis à cauda impulsi per aquam commmodius incederit poterit.[25]

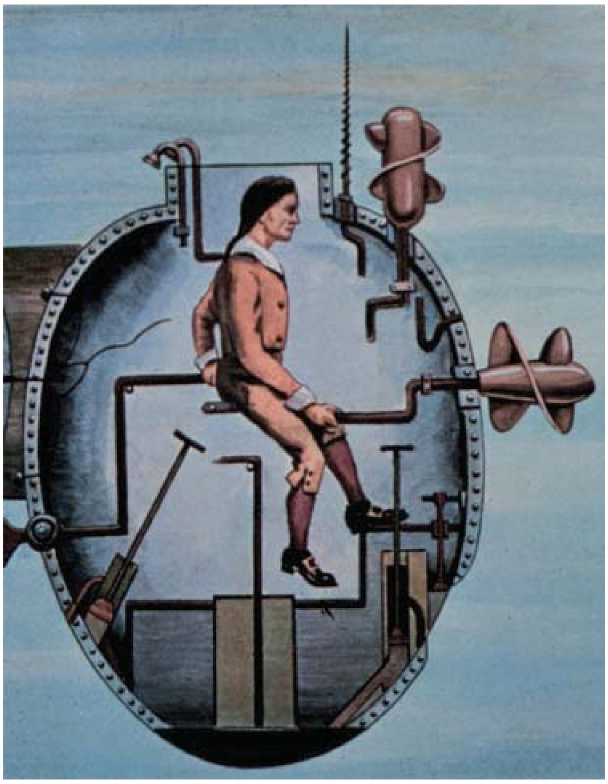
25 Da A. BORELLI, *De Motu Animalium...*, cit., pp. 235-36.

In alto: *dettaglio del sommergibile di Borelli. Le sacche schiacciate dalla leva contengono aria compressa.*
A fianco: *disegni tecnici del battello sommergibile di Jean Baptiste Charbert.*

Il sommergibile di Jean Baptiste Charbert, 1689

Pochi anni dopo la pubblicazione del libro di Borelli, per l'esattezza nel 1689, anche un capomastro di un arsenale francese dove si costruivano le galere reali, tal Jean Baptiste Charbert, progettò un suo battello sommergibile. La sostanziale e profetica diversità dai precedenti non si scorge nella concezione, in sostanza sempre la stessa, ma nella destinazione. Stando al suo inventore, infatti, è da considerarsi una vera nave da guerra, destinata ad affondare insidiosamente quelle nemiche di superficie. Strutturalmente con la sua sezione a goccia e la coda biforcuta ricorda un grosso cetaceo: sul dorso un lungo snorkel ripiegabile, in assetto orizzontale per la navigazione in affioramento e verticale per quella in immer-





sione ad una profondità di pochi metri. La propulsione è sempre fornita dai remi, con le solite guarnizioni ai fori di attraversamento dello scafo. La variazione di peso è fornita da sacche in pelle piene di acqua che con un'adeguata pressa possono essere svuotate, come pure in sacche in pelle sono contenute le riserve d'aria. Il progetto ancora una volta non conobbe alcuna realizzazione, ma segnò concettualmente un ulteriore passo in avanti verso il sommergibile moderno.

Il sommergibile di Bushnell, 1775

Tra il 1775 e il 76 un americano, David Bushnell, 1742-1824, si cimentò nella costruzione di un ennesimo sommergibile. In precedenza aveva studiato presso la *Yale University*, dove non a caso nel 1775 intraprese la costruzione del suo battello. Per molti aspetti quel prototipo, dalla curiosa forma a uovo che il suo ideatore battezzò *Turtle* (Tartaruga), andrebbe considerato l'indiscusso progenitore del moderno sommergibile avendone tutte le caratteristiche basilari, prima fra tutte la mobilità assicurata dall'adozione di rivoluzionarie eliche a vite senza fine. Il suo scafo monoposto fu realizzato con spesse doghe di quercia, ulteriormente rinforzate da piastre di acciaio bullonate. L'accesso avveniva dalla parte sommitale, interamente metallica, munita di una embrionale torretta con quattro piccoli oblò e due sottili tubi snorkel. Una coppia di pompe a stantuffo, azionate da leve a mano, servivano a variare la quantità di acqua

In alto: *sezione schematica del sommergibile di David Bushnell, soprannominato* Turtle*, tartaruga.*
Sopra e nella pagina a fianco: *ricostruzioni museali sezionate del* Turtle.
A fianco: *ricostruzione grafica sezionata del* Turtle.

Gli oblò della torretta, oltre a garantire una discreta visibilità, consentivano di giorno una discreta illuminazione, mentre durante la notte si ricorse alla bioluminescenza emessa da un fungo, per evitare qualsiasi consumo superfluo di ossigeno. Quel curioso barile ovoidale fu il primo sommergibile militare della storia, costruito soltanto per collocare cariche esplosive sotto le navi nemiche. I molteplici tentavi effettuati nel porto di New York contro navi britanniche, tuttavia, fallirono sempre inesorabilmente. Memorabile, in particolare, quello effettuato nel 1776 nel corso della Guerra d'Indipendenza Americana, dal sergente Ezra Lee, che cercò di far saltare in aria la nave britannica Eagle, applicandole alla carena una torpedine, prima carica subacquea trasportata di esplosivo, con brillamento a orologeria, anch'essa invenzione di Bushnell. Il tentativo non riuscì, ma il battello tornò indenne alla base confermando, se non altro, la validità dell'elica, e la genialità dell'inventore che fu pertanto decorato da George Washington.

di zavorra in un'apposita cassa ricavata sul fondo dell'abitacolo. Sopra il timone, collocato quasi in corrispondenza del suo equatore, stava fissata una torpedine che poteva essere liberata ed innescata dall'interno del battello. Due eliche consentivano i piccoli movimenti orizzontali e verticali: originariamente erano a vite senza fine, sebbene in alcuni disegni e nelle ricostruzioni siano a due palette, sempre però azionate con apposite manovelle.

Le dimensioni, le connotazioni e le prestazioni della Tartaruga possono così riassumersi:

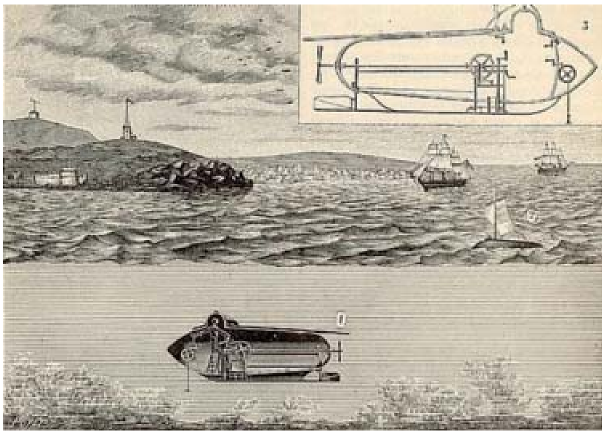
- altezza circa 1.8 m;
- larghezza 0.9 m;
- peso del piombo di zavorra 91 kg eventualmente scaricabile;
- durata aria a bordo circa 30 minuti;
- velocità in acque calme circa 5 km/h.

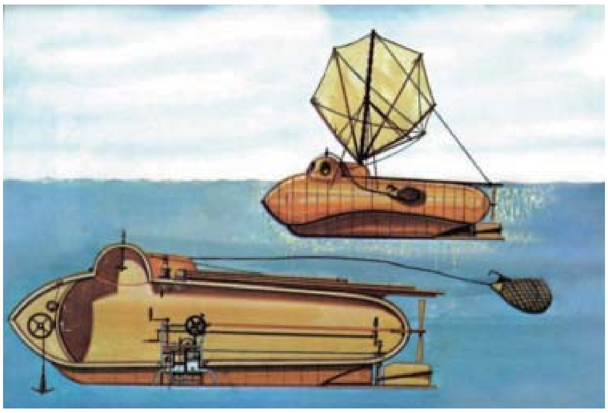
Il sommergibile di Fulton, 1801

Robert Fulton, come accennato, a partire dal 1783 si interessò anche di sommergibili e tra il 1793 e il 1797 ne progettò uno funzionante, che realizzò in quello stesso '97 investendovi una cospicua quantità di denaro e a cui diede il nome di *Nautilus*. Superate positivamente le prove di verifica, una immersione di 17 minuti a 25 m di profondità, Fulton, che in quegli anni viveva a Parigi, presentò all'allora governo rivoluzionario francese una richiesta di finanziamento per la costruzione di un sommergibile più grande, ottenendola solo tre anni dopo grazie a Napoleone Bonaparte. Il battello rapidamente appron-

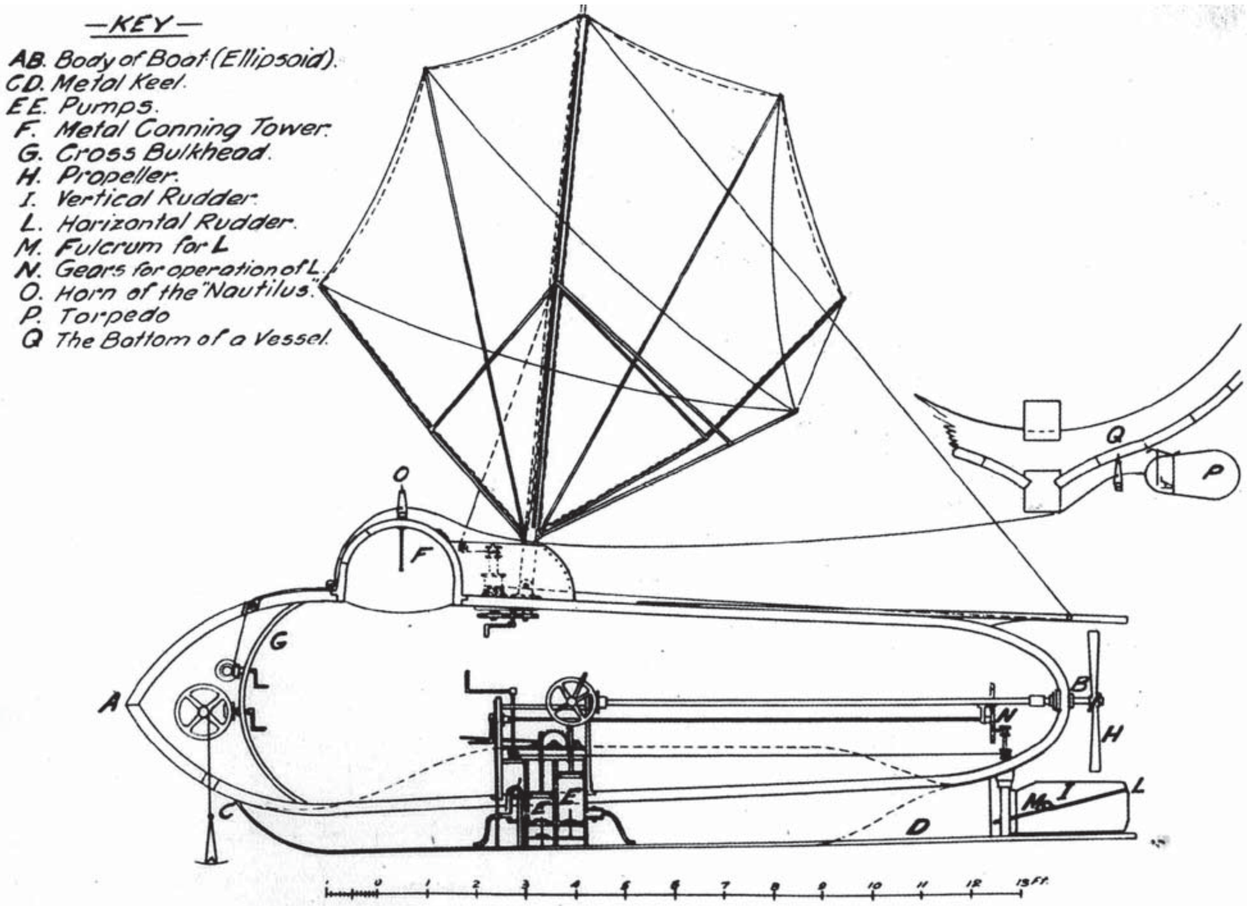
tato intraprese le prove di collaudo nel 1801 nello specchio di mare dinanzi i cantieri di Brest e in una immersione toccò la profondità di 80 m.

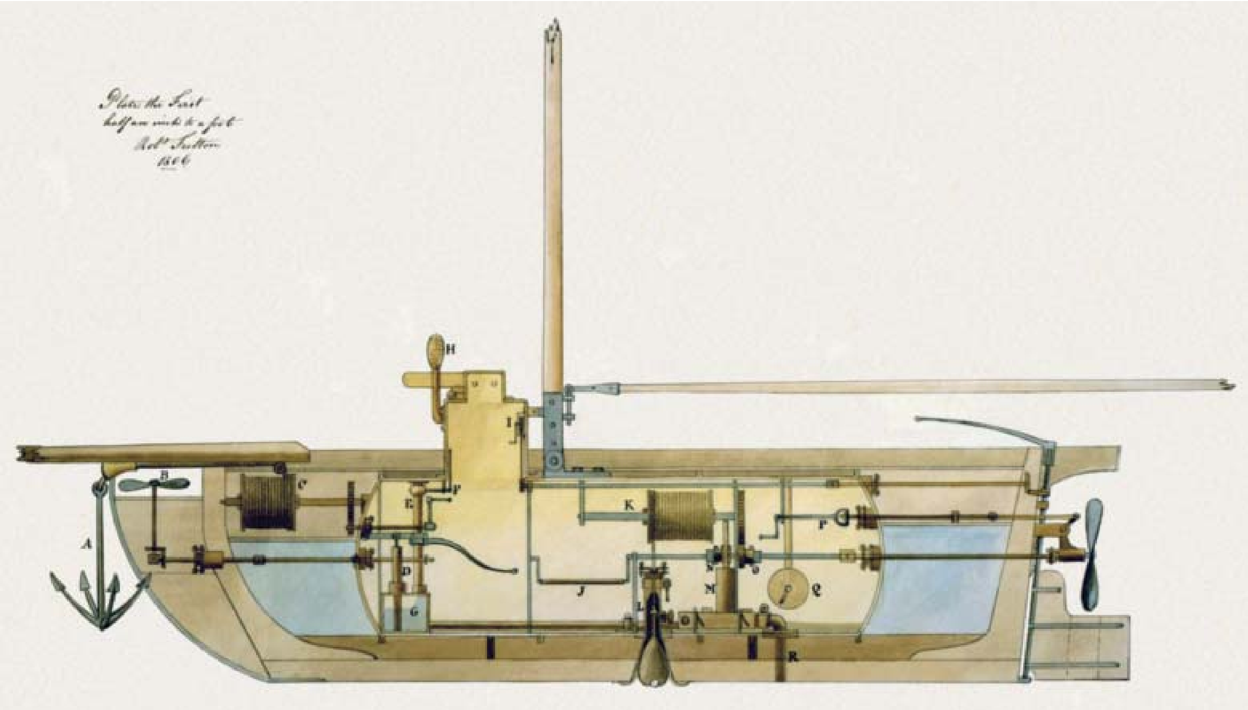
Anche questo secondo sommergibile fu chiamato *Nautilus*: di forma cilindrica affusolata, ospitava un equipaggio di otto uomini, che fungevano pure da motore, dovendo girare un lungo albero solidale all'elica. L'immersione si otteneva imbarcando acqua ed espellendola per emergere mediante una pompa a mano; la direzione era impartita tramite un timone verticale poppiero, mentre alla navigazione in superficie provvedeva una piccola vela ad ombrello. Pur funzionando discretamente, il *Nautilus* non dette brillanti risultati per cui dopo un ennesimo insuccesso, Napoleone deluso non rinnovò più i finanziamenti.





Sotto e a lato: *sezioni e ricostruzioni grafiche del battello sommergibile di Fulton.*
Nella pagina a fianco, in alto: *sezione del battello sommergibile di Fulton.*
Nella pagina a fianco, in basso: *ricostruzione museale del* Nautilus *di Fulton.*





Piedi

John C. D. Engleheart, Seven Studies of a Foot, 1799.

Militaria mirabilia

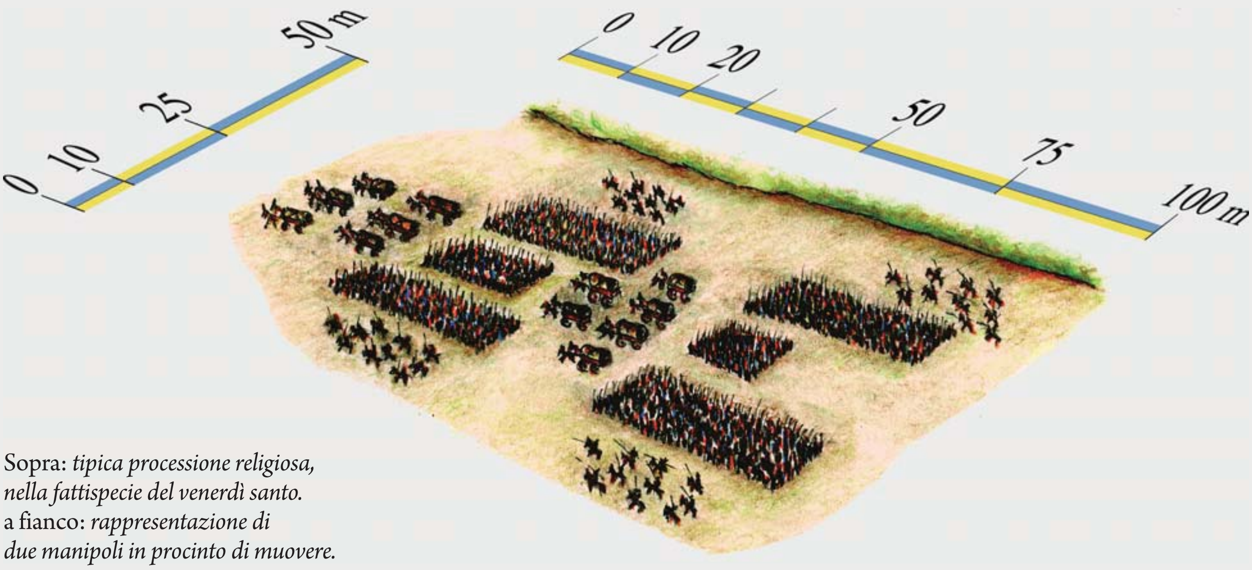
La marcia a passo cadenzato

Quando si parla di marcia, il pensiero corre subito al ben noto ritmo cadenzato *unò-duè,* tipico dei reparti militari quale che ne sia l'entità. Sincronismo percepito come l'emblematica connotazione del militarismo che annienta persino nel camminare la spontaneità dell'individuo. Al di là della facile retorica, però, la realtà è ben diversa ed impone una basilare digressione.

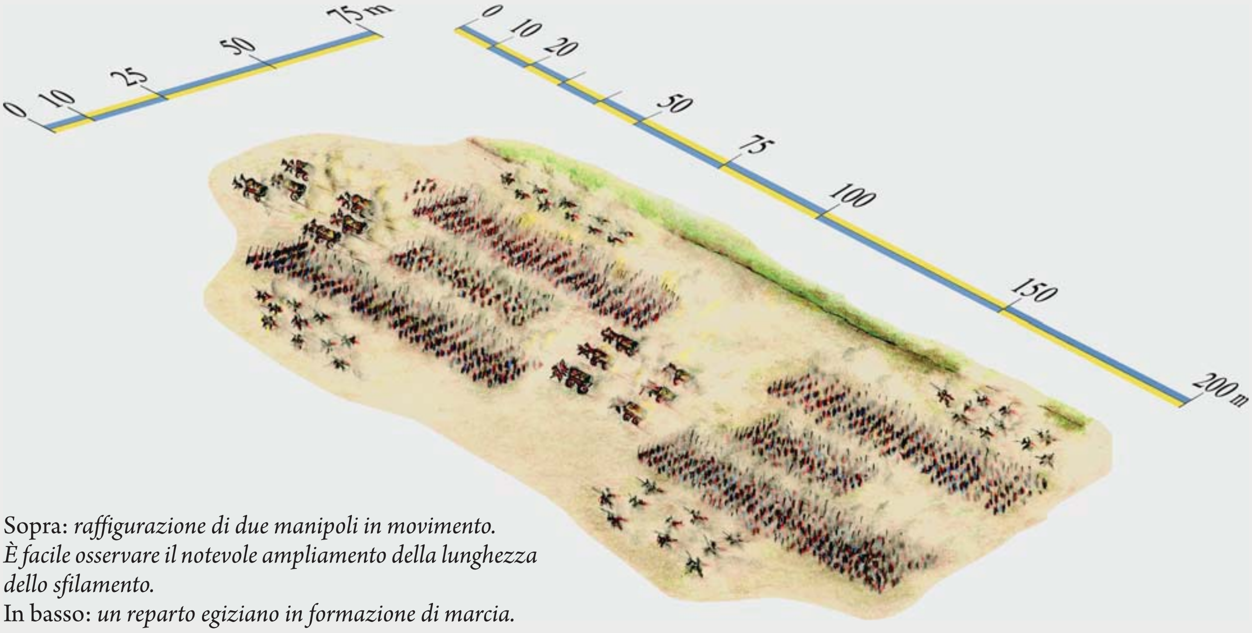
Il movimento in massa di un esercito, anche nell'antichità classica si conferma sempre ben diverso da quello di una folla di uomini durante una pacifica processione o durante un corteo sindacale. In particolare va tenuto presente che, mentre nelle processioni e nei cortei si ha una assoluta omogeneità dei partecipanti, certamente non tutti della stessa età, della stessa tempra o attitudine fisica ma altrettanto certamente tutti esseri umani a piedi, il contesto degli sfilamenti militari appare al riguardo antitetico. Reparti di fanteria seguiti da gruppi di animali da soma con alle spalle carriaggi e traini di armi pesanti collettive e macchine ossidionali; più indietro altri carri per il trasporto dei bagagli e degli attrezzi, ed ancora più indietro torme di bestie da macellare progressivamente; in fondo altri reparti di fanteria e squadroni di cavalleria. Soldati, animali, carri, artiglierie costituivano, soprat-

Sopra: *tipiche parate militari. Da notare che tutti i soldati portano avanti la stessa gamba nello stesso momento; nel cosiddetto 'passo dell'oca' il sincronismo è ancora più evidente.*

tutto nell'antichità, il variegato assortimento delle componenti della carovana che formavano un esercito in movimento. Ciascuna con le sue esigenze e con la sua velocità che, per evitare pericolosi sbandamenti e sfaldamenti dell'intera compagine, doveva integrarsi con le altre. E su tutte la cavalleria, che si prodigava a frustare qualsiasi minaccia nemica o qualsiasi scadimento di compattezza, correndo continuamente lungo i fianchi di quel lentissimo serpentone.
A ogni difficoltà di avanzamento il serpentone si compatta, diradandosi per le diverse velocità subito dopo la ripartenza, in un andamento che relazionandolo al traffico veicolare definiremmo oggi a fisarmonica. Immaginiamo, infatti, un gruppo di autovetture ferme dinanzi al semaforo e fra loro un certo numero di camion, di trattori e magari di carretti trainati da cavalli, che stando serrati danno un ingombro complessivo che potremmo definire statico. Effettuandone la misurazione pochi istanti dopo lo scattare del verde l'ingombro complessivo, che potremmo definire dinamico, diviene non solo incomparabilmente maggiore rispetto a quello statico, ma anche sensibilmente maggiore della compagine omogenea di sole automobili! Pertanto, la disomogeneità delle componenti di un esercito in marcia contribuiva pesantemente al suo allungamento e alla sua lentezza, in misura persino maggiore di quella derivante dall'entità della truppa.
Le penalizzanti conseguenze stimolarono intere generazioni di condottieri ad apportare correttivi logistici e miglioramenti tattici per ridurre quelle deleterie connotazioni che, il diversificarsi degli armamenti, rendeva invece sempre più esasperanti. La soluzione fu l'introduzione della marcia cadenzata, innovazione che non può in alcun modo associarsi alla marcia degli eserciti nell'antichità essendo elaborata soltanto nel XVIII secolo. Gli incessanti tentativi porta-



Sopra: *tipica processione religiosa, nella fattispecie del venerdì santo.*
a fianco: *rappresentazione di due manipoli in procinto di muovere.*



Sopra: *raffigurazione di due manipoli in movimento. È facile osservare il notevole ampliamento della lunghezza dello sfilamento.*
In basso: *un reparto egiziano in formazione di marcia.*

rono all'invenzione non già del marciare a passo, che forse tramite il rullo dei tamburi e per brevi tratti, dovette attuarsi sul finire del Medioevo, ma del marciare a passo cadenzato. E fu appunto imponendo due distinti comandi, prima alla gamba destra poi a quella sinistra, in base a un preciso ritmo, che si elaborò la concezione della marcia cadenzata.

Si partì infatti dal presupposto che, se ogni soldato avesse mosso la stessa gamba insieme agli altri e per un identico angolo, non avrebbe avuto più bisogno di aspettare la conclusione del medesimo movimento da parte del commilitone, immediatamente antistante. In tal modo l'intero reparto si sarebbe trasformato in un blocco sincrono e compatto, ovvero, per tornare al nostro paragone, la colonna di automobili si sarebbe trasformata in un convoglio ferroviario! In questo caso gli ingombri statici e dinamici di una qualsiasi unità militare, grande o piccola che fosse stata, sarebbero coincisi e non si sarebbe più dovuto tener conto dell'effetto fisarmonica.

Alquanti bassorilievi a soggetto militare dell'antichità egiziani, assiri e romani ritraggono gruppi di soldati allineati, tutti con la stessa gamba alzata, vistosamente prossima quindi a compiere un passo. Il sincronismo sotteso alla scena ha indotto molti studiosi a ravvisarvi una esplicita conferma della coeva adozione del passo di marcia cadenzato. In realtà è facile rintracciare altri fregi, anche più antichi, nei quali sono raffigurati diversi frombolieri, diversi arcieri, diversi nuotatori, tutti ritratti nell'identica posizione, senza che per questo nessuno abbia mai supposto che scagliassero sassi e dardi simultaneamente! Semplice la spiegazione: si tratta di una tecnica di rappresentazione convenzionale, adottata per sottintendere un gran numero di uomini intenti

Sopra: *un reparto assiro in formazione di marcia.*
Sotto: *ritratto del Generale Girolamo Ulloa.*

al medesimo compito nel medesimo lasso temporale, ma non per questo in perfetta sincronia!
L'idea di far marciare i soldati muovendo le gambe in perfetta sincronia, modalità definita tecnicamente marcia cadenzata, è abbastanza recente essendo stata introdotta sul finire del '700. Precisava in merito il Generale Girolamo Ulloa, 1810-1891, che: "*l'invenzione del passo di cadenza, introdotto nel XVIII secolo, è giustamente reputata da' tattici come quella che abbia più contribuito a' progressi dell'arte della guerra. Difatti, movendosi il soldato uniformemente, conserva l'ordine nelle righe, acquista un'andatura più comoda, e quindi percorre più spazio in minor tempo; si evitano le ondulazioni nella marcia, ed un battaglione tutto intiero si muove come un corpo solo. Conservandosi la cadenza e l'uguaglianza del passo, si può nelle marce rapide giungere di fronte al nemico ordinatamente ed urtarlo in una volta su tutta la sua ordinanza. E da questo assieme e da questa riunione di sforzi si ottiene il prospero successo negli attacchi.*"[1]

1 Da G. ULLOA, *L'arte della guerra*, Torino 1851, vol. I, p.14.

Parte Quinta

Follare

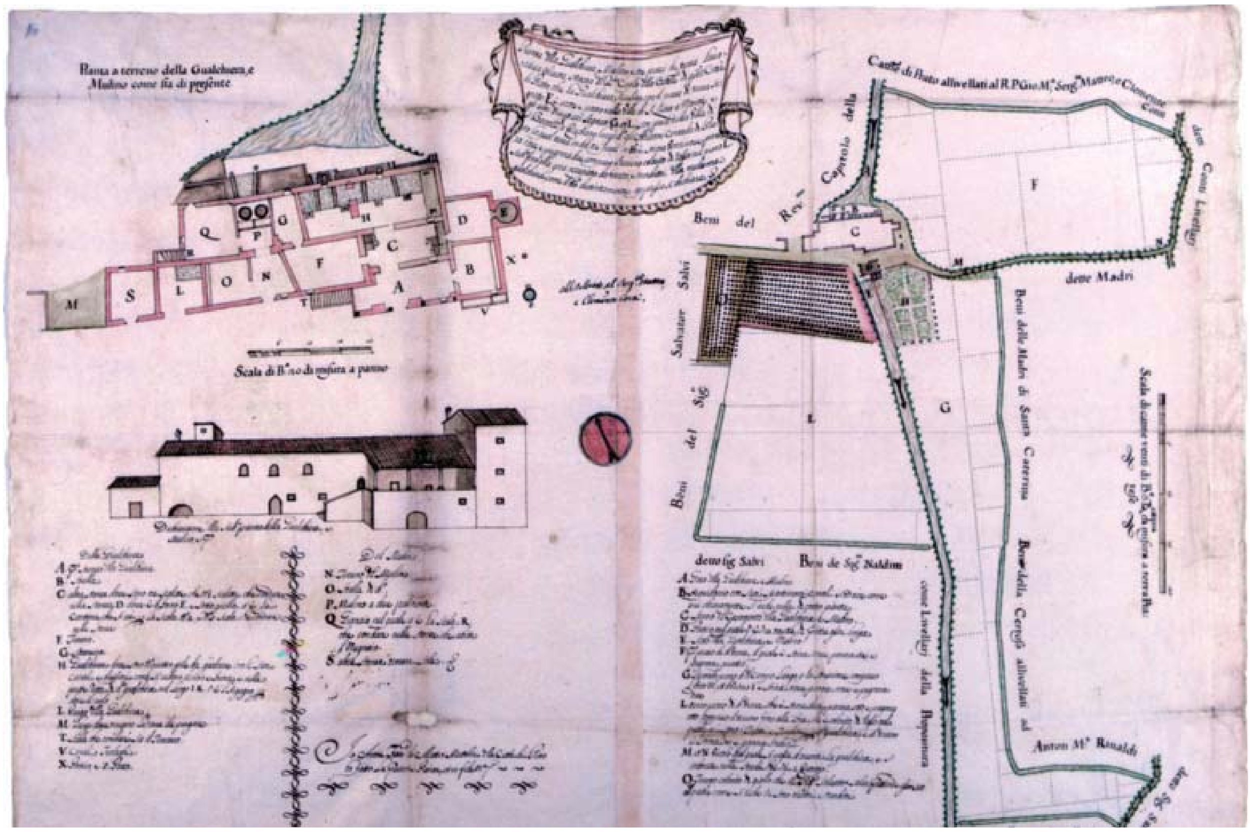
Gualchiere per tessuti e carta

Sebbene le prime macchine, diverse dai mulini, fatte funzionare tramite la forza dell'acqua siano del XII-XIII secolo, la loro ottimizzazione e ampia adozione fu successiva al XVIII, quando tutto il comparto industriale registrò una vistosa impennata connessa con la formazione dei grandi Imperi e Stati nazionali.[2] Servivano uniformi per i nuovi eserciti, carta per la nascente burocrazia ed armi di qualsiasi tipo. Si potenziarono perciò i tre tipi tradizionali e fondamentali di macchine idrauliche, delle quali due definite gualchiere, sebbene una adottata per la follatura dei tessuti con magli ad impatto orizzontale, e l'altra per la preparazione della carta, con magli ad impatto verticale; la terza, invece, era il maglio per antonomasia per le sue grandi dimensioni, battuto su di un adeguato incudine, impiegato nelle officine dei fabbri ferrai per la forgiatura.

Circa la prima, va ricordato che la follatura dei tessuti era già praticata nell'antichità e scaturiva dalla constatazione che i panni, bagnati con acqua calda e con l'aggiunta di additivi naturali, si infeltrivano. In pratica il procedimento eliminando i piccoli interstizi presenti tra trama e ordito rendeva il panno morbido ed al contempo saldo. In epoca romana il procedi-

2 Per una sintesi sull'argomento cfr. F. RUSSO, *Batti il ferro,* in rivista MEDIOEVO, n° 198, luglio 2013.

Sotto: *stampa settecentesca che raffigura delle donne intente a follare i panni con i piedi.*

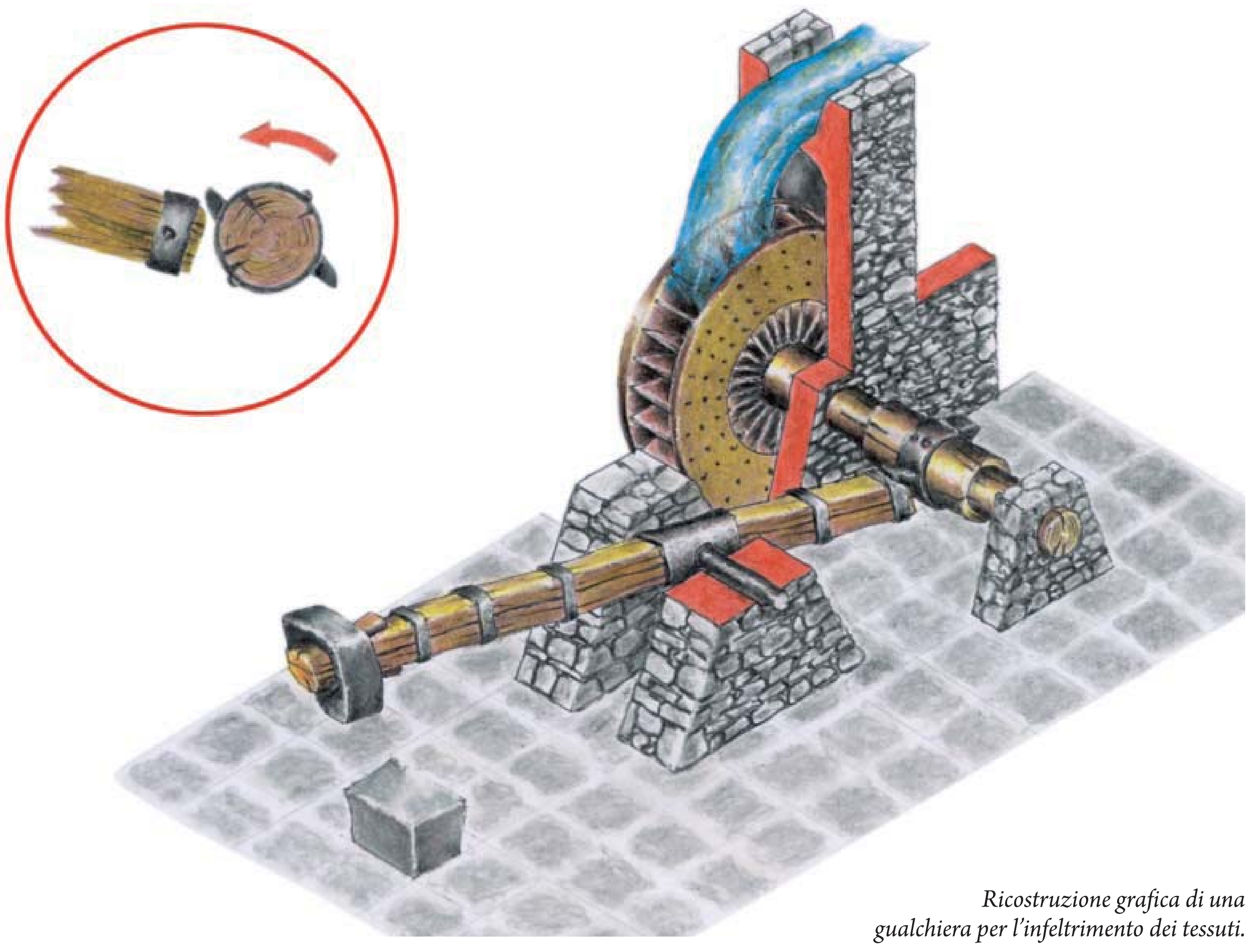


Sopra: *rilievi di una gualchiera. Prato, prima metà XVIII secolo.*
Sotto: *resti di una follonica pompeiana.*

mento determinò delle vere e proprie industrie specializzate, *fullonicae*, nelle quali i panni, posti in ampie vasche colme d'acqua mista ad argilla, battuti energicamente dai piedi dei fulloni, *saltus fulloni*, si infeltrivano per essere poi sgrassati con l'urina, per l'ammoniaca contenutavi.

Il lavoro, al di là delle conseguenze dovute al contatto prolungato con i suddetti liquidi ed additivi, era faticoso e stressante, non a caso riservato agli schiavi di infimo valore.

Intorno al XI-XII secolo proprio per la follatura dei tessuti fu inventata, e presto si perfezionò, la gualchiera, denominazione tratta verosimilmente dalla voce verbale *gualcare*=calcare, come già in latino *fullare*=schiacciare, etimologia questa più sensata fra le varie ipotizzate. Strutturalmente, per larga sintesi, consisteva in un edificio costruito in adiacenza di un corso d'acqua o di una gora, che costituivano la fonte energetica per l'alimentazione della ruota idraulica, il motore dell'impianto. In genere l'acqua impattava sulle pale cadendovi dall'alto, occorrendo una maggiore potenza dei mulini poiché l'albero della ruota azionava direttamente i bracci dei pesanti magli, senza alcuna demoltiplica. Lungo il suo corpo, infatti, sta-



Ricostruzione grafica di una gualchiera per l'infeltrimento dei tessuti.

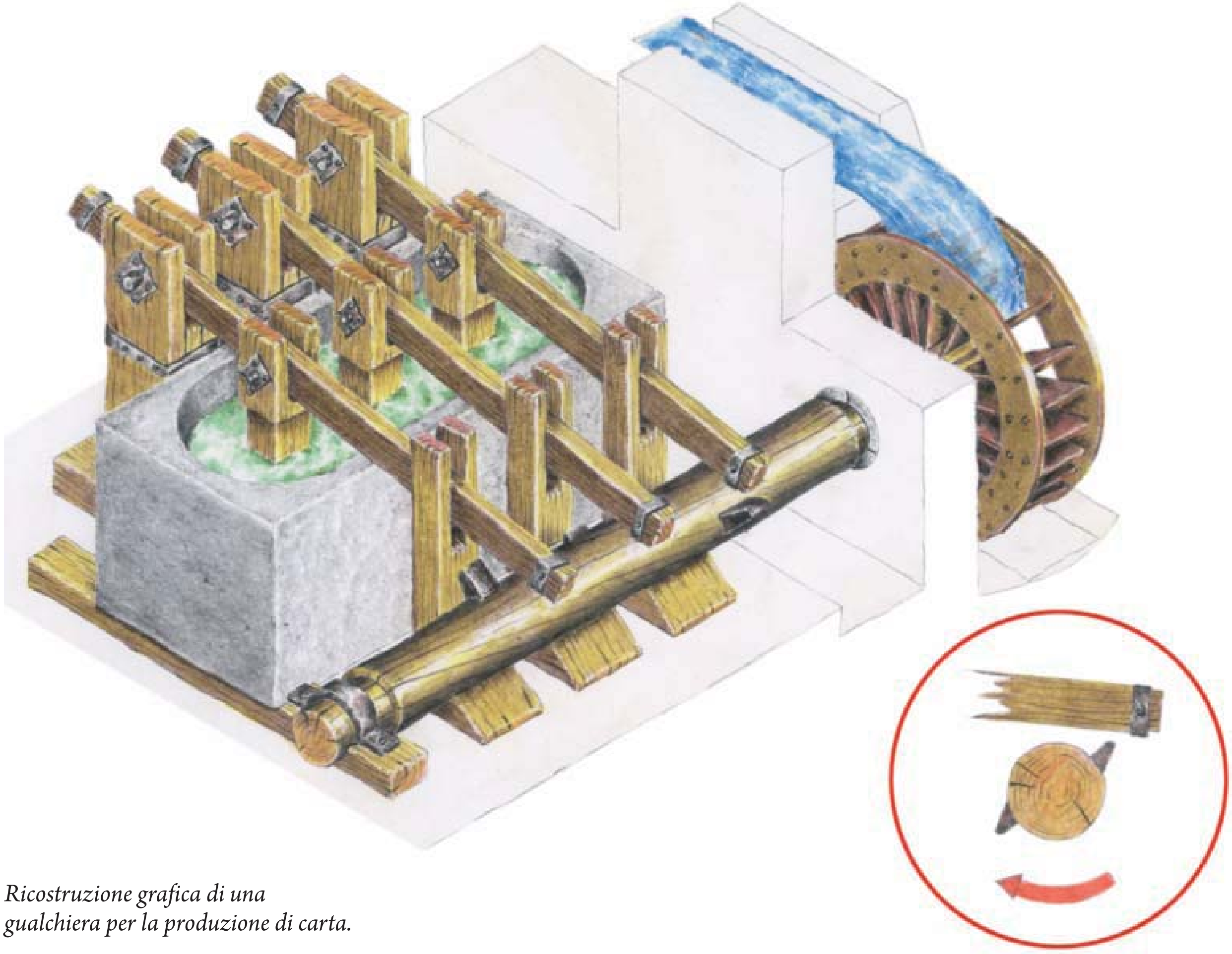
vano applicati degli spessi cunei, o camme, sporgenti di circa 15 cm, detti *palmole*, che provocavano la percussione dei magli. I rispettivi bracci, infatti, la cui estremità superiore stava imperniata, in una sorta di castello, con quella inferiore sfioravano l'albero in corrispondenza delle camme, per cui erano spinti dalle stesse quando per effetto della rotazione li urtavano, e li rilasciavano non appena disimpegnate. Si originava così una sorta di oscillazione pendolare, che facendo prima sollevare e poi cadere i pesanti magli fissati all'estremità dei bracci, percuoteva energicamente il panno posto sulla loro traiettoria. Per esaltare la percussione i magli avevano la parte anteriore sagomata a più lobi, mentre il panno che doveva subirne gli impatti era collocato in una nicchia aperta lateralmente, ricavata in grosso tronco. Con un ritmo di uno o due al secondo i colpi si susseguivano sul tessuto, tenuto sempre bagnato con acqua calda, proveniente da una vicina caldaia mediante un apposito tubo.

Considerando il forte attrito dei bracci sull'albero, il peso dei magli e la mancanza di ruote di demoltiplicazione, si deve concludere che il diametro della ruota idraulica fosse maggiore dei tradizionali 3 m delle romane, dalla fin troppo modesta potenza di 2.5 kw. Anche nelle gualchiere medievali e moderne si ottimizzò l'azione dei magli sulle pezze, lunghe circa 34 m, tramite l'aggiunta di adeguati additivi, per lo più costituiti da soluzioni alcaline, saponose o acide, che provocando scorrimento e compressione delle fibre rendevano il tessuto più morbido e cedevole. Inoltre il miscuglio di argilla, denominata *smectite* dal greco *smekticòs*=capace di pulire, e soda di uso corrente assorbiva i residui grassi e, al contempo, ravvivava i colori. I Fiorentini in base ai diversi livelli di lavorazione forniti dalle gualchiere, cioè di infeltrimento dei panni, li distinsero in sodati, gualcati e gualciti, dove il minore coincideva con l'antica follatura romana. In un trattato della metà del '400 si può leggere al riguardo: "*la pezza istà nelle gualchiere una notte, governata con l'acqua calda; e poi con dando due ramaioli di burro*".

Diversa la conformazione delle gualchiere per la carta dove, al posto dei magli lobati per la percussione laterale ve ne erano di più piccoli con diverse teste, ma sempre per la percussione perpendicolare effettuata in apposite pile di pietra di contenute dimensioni. Anche in queste macchine il tessuto giocava un ruolo fondamentale, avviandosi la procedura

In alto: *la ruota idraulica di una gualchiera settecentesca e i pesanti magli da essa azionati.*
Sopra: *vasche di pietra di una gualchiera per la carta.*

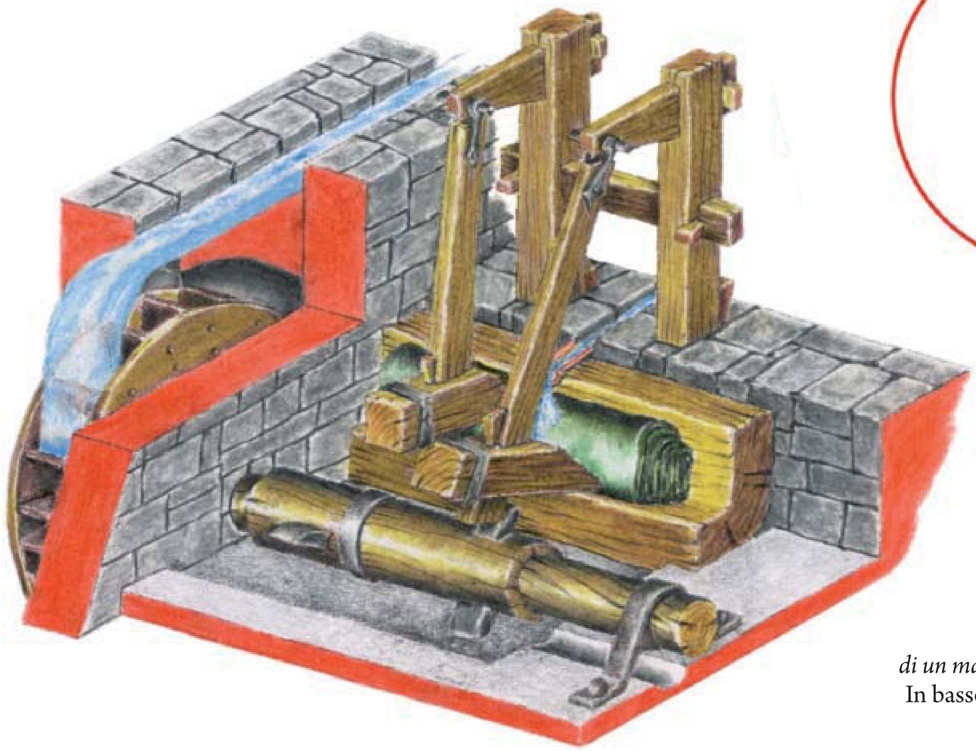
proprio dalla raccolta di stracci. Giunti alla cartiera li si selezionava asportandogli qualsiasi orpello, fibbie e persino cuciture, e li si differenziava in base all'essere di cotone, canapa o lino: dai primi si otteneva la carta più pregiata, dai secondi la più scadente. Gli stracci così distinti, all'epoca *boni, grossi e vergati*, venivano gettati in tre distinti settori del contenitore di raccolta. Lo scarto si ammucchiava a parte, riservandolo alla produzione della carta da imballaggio. Dopo questa fase gli stracci erano smi-



Ricostruzione grafica di una gualchiera per la produzione di carta.

nuzzati e posti in vasche colme di acqua, i maceratoi o putrefattoi, dove con l'aggiunta di calce se ne migliorava la macerazione. Ma la trasformazione dello straccio macerato in pasta da carta, o *pisto*, ovvero la sua scomposizione in fibra elementare, nelle migliori cartiere si ottenne con l'adozione delle pile a magli multipli. In dettaglio, e sempre per ampia schematizzazione, oltre alla ruota idraulica e relativo albero a camme, la macchina constava di una robusta intelaiatura, rinforzata da spesse bandelle di ferro, alla quale tramite degli adeguati bracci erano vincolati i pesanti magli di legno di quercia, a sezione quadrata, alti mediamente 1 m per circa 15 cm di lato. Sollevati dai bracci, a loro volta sollevati dalle camme, ricadevano pesantemente sul fondo della vasca, senza che gli stessi bracci toccassero l'albero. Per accentuare la triturazione, il primo maglio della vasca, il cui fondo era protetto da una spessa lastra di bronzo, aveva la testa battente munita di massicci chiodi acuminati per ridurre gli stracci in sfilacci fibrosi. Il secondo, invece, solo di borchie piatte, dovendo trasformare gli sfilacci in fibre elementari. Il terzo, infine, privo di chiodi e borchie, omogeneizzava l'intero impasto. Durante la battitura l'acqua circolava liberamente nelle vasche per eliminare il sudiciume residuo, particolare reputato basilare per la produzione, ed al termine del ciclo l'impasto finiva in un tino, da dove era prelevato con una sorta di setaccio rettangolare. Distribuito sulla sua intera superficie, formava il foglio di carta che veniva posto ad asciugare su di un feltro, ottenendone delle alte pile dalla sovrapposizione di più strati siffatti. Le pile dopo una sommaria asciugatura, erano poste in un torchio, che ne cacciava l'acqua residua, consentendo ai singoli fogli di essere stesi per la piena essiccazione in appositi locali ben arieggiati, come altrettanti fazzoletti su delle funi.

Ultimi della serie i magli utilizzati dai fabbri per la forgiatura. Dal punto di vista tecnico, la maggiore differenza con i precedenti consisteva nell'avere un unico grande martello, detto testa d'asino, a percussione verticale, fissato con delle zeppe ad un robusto braccio, lungo tra i 2 ed i 5 m, ulteriormente irrigidito da cerchiature di ferro. Il fulcro abitualmente stava collocato a circa un terzo del braccio, per ridurre lo sforzo necessario a sollevarlo, e non a caso a differenza delle precedenti macchine non veniva



Sopra: *ricostruzione grafica di un maglio ad acqua per forgiatura.*
In basso: *antico maglio settecentesco per forgiatura.*

alzato dalle camme ma abbassato. A riposo il maglio poggiava sull'incudine, sulla quale, grazie al suo ingente peso, ricadeva con forza. La testa d'asino era foggiata a tronco di piramide e la sua parte più stretta, quella che batteva sull'incudine, era di acciaio più duro, non di rado nei magli più evoluti costituita da un elemento che vi si incastrava ed intercambiabile secondo le particolari esigenze. L'incudine, per intuitive ragioni, oltre ad essere di rilevante mole, era anche saldamente fissata al suolo e presentava la superficie di percussione molto dura, spesso una piastra di acciaio intercambiabile selezionata in base alle esigenze delle lavorazioni in corso. La lavorazione al maglio si effettuava con la barra di ferro incandescente, mantenuta con delle apposite tenaglie: i colpi che si susseguivano ne mutavano la forma secondo i desideri del forgiatore che, dandole l'inclinazione necessaria, la portava ad assumere la forma voluta. Ovviamente la plasticità del ferro, propriamente definita malleabilità, durava finché era rovente, tant'è che ancora si dice 'battere il ferro finché è caldo' irrigidendosi rapidamente raffreddandosi. Dovendosi variare la frequenza di percussione del maglio in funzione della lavorazione in corso, si modificavano i giri della ruota variandone la quantità di acqua che l'alimentava con apposite saracinesche e paratoie. Nei magli più evoluti tali chiuse

venivano manovrate tramite una lunga stanga, non di rado azionata dallo stesso fabbro con pedaliera, una sorta di antesignano acceleratore. La combustione della forgia, infine, era esaltata mediante la continua immissione di aria, fornita dall'azionamento di grossi mantici, che presto furono anche loro azionati da un similare dispositivo idraulico.

Pedalare

Il celerifero

Per diversi studiosi la vicenda del velocifero e del suo presunto ideatore sono prive di fondamento, in quanto probabilmente inventate di sana pianta. Stando alle informazioni finora divulgate, invece, si tratterebbe dell'origine di una macchina elementare, da cui deriverà la moderna bicicletta, dovuta ad uno stravagante personaggio, per alcuni nobile e non privo di genialità, tal conte Mede de Sivrac, per altri mai esistito.

Di Mede de Sivrac si ignora tutto, a partire dalla data di nascita e di morte con l'unica eccezione di una sua curiosa invenzione: due ruote di carretto montate in linea sotto una snella trave sagomata in sembiante di animale, per lo più di rettile. L'altezza della trave da terra era tale che montandovi a cavalcioni su di una sorta di sella i piedi potevano toccare terra, quindi spingere quella strana macchina. Era il 1790 e la Rivoluzione Francese impazzava, ma il giovane inventore riuscì a far correre quella sua creatura nei giardini di *Palais Royal*, che battezzò velocifero, riscuotendo un indubbio successo. Infatti, nonostante il costo non indifferente, che alcune fonti equiparano a quello di un cavallo, presto le richieste si moltiplicarono come pure le varianti.

Dal punto di vista pratico era poco più di un giocattolo, non avendo nessun possibilità di sterzare né di frenare per cui la sua andatura risultava limitata alle tratte rettilinee e senza particolare pendenza, che avrebbe trasformato la corsa in un pericoloso azzardo. Per quasi un ventennio tuttavia non subì significative modifiche. Soltanto intorno al 1815, il nobile tedesco Karl Friedrich Drais von Sauerbronn la dotò di una vera sella e di un manubrio per dirigere la ruota anteriore. In suo onore fu chiamata Draisina e una quarantina di anni dopo, con l'ulteriore aggiunta di pedali e catena diverrà la bicicletta di uso universale.

In alto: *veduta parziale del celerifero.*
Sopra: *ritratto di Karl Drais.*

La Draisina ricostruita come modello museale in una stampa ottocentesca.

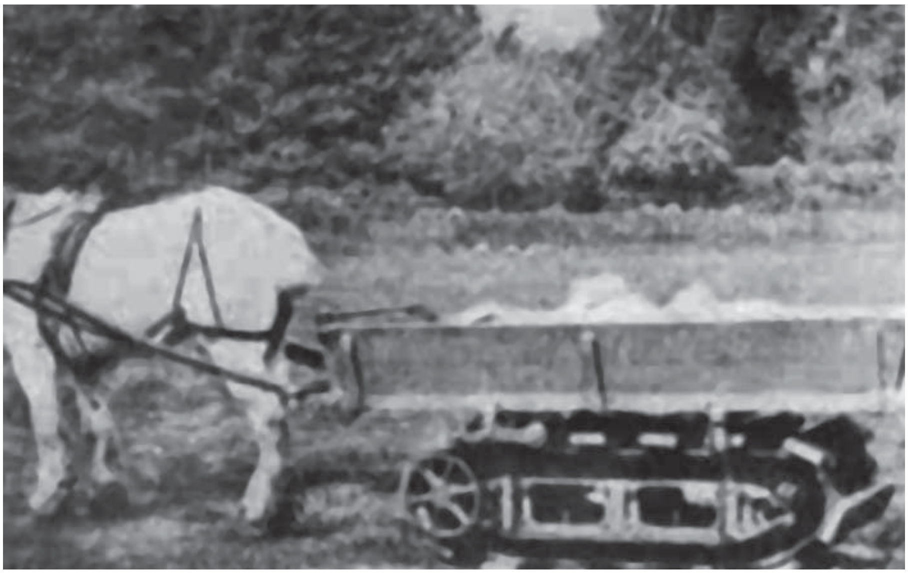
Aderire

La ruota a piedi o cingolo

La componente che identifica per antonomasia un carro armato è senza dubbio l'organo di trazione costituito da sezioni contigue, articolate, che applicato alle ruote dei mezzi semoventi ne aumenta la presa sul terreno. In breve il cingolo, che sembra essere stato inventato proprio per il carro armato, conclusione errata in quanto al momento di tale adozione già vantava un lungo stato di servizio. Il cingolo, infatti, era stato inventato e costruito intorno al 1770 da un certo Richard Edgeworth, 1744-1817, politico, scrittore e inventore anglo-irlandese. Per permettere ai veicoli a trazione animale che se ne fossero dotati di superare senza grandi difficoltà le asperità tipiche della coeva viabilità. Il suo congegno consisteva in una specie di catena che stava avvolta intorno alle ruote creandogli così una sorta di pista artificiale. Fu però una trentina di anni dopo che Thomas German realizzò un vero cingolo composto di piastre snodate tramite perni, invenzione che brevettò nel 1801.

In pratica per la movimentazione di un veicolo fuori strada o su terreni accidentati, le vie seguite da quel momento furono: una consisteva nel perfezionamento dell'anzidetto cingolo; l'altra nella realizzazione di una 'ruota coi piedi'. Quest'ultima, da cui poi deriverà l'invenzione delle 'rotaie a cingolo', dovuta a Crispino Bonagente, 1859-1934, consistette in piastre rettangolari articolate, che applicate alle ruote delle grandi bocche da fuoco, ne riducevano la pressione sul terreno. In seguito, quasi ad amplificare il medesimo criterio informatore, le piastre si unirono fra loro con un giunto che le consentiva una discreta mobilità relativa, formando così un nastro continuo, che divenne il cingolo per antonomasia, utilizzato con uno snodo doppio sui mezzi da combattimento o comunque veloci, e singolo su quelli per impiego civile o comunque lento.

Sotto: *antico carro agricolo a trazione animale montato su cingoli.*
In basso: *cannone della prima guerra mondiale munito delle rotaie a cingolo.*



Esplorare

A piedi nudi sott'acqua

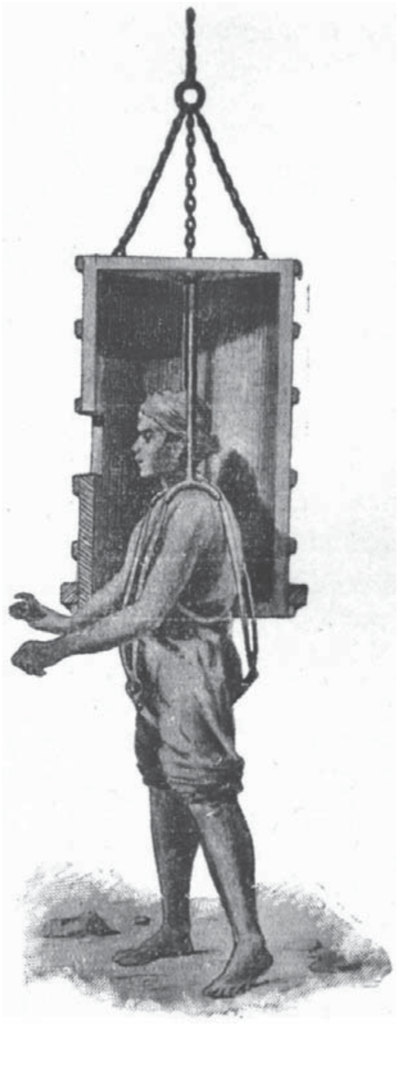
Nel 1535 il lungo sonno delle navi sul fondo del lago di Nemi fu turbato da un ennesimo tentativo di recupero, preceduto però da una serie di ricognizioni subacquee per constatarne le effettive condizioni di giacenza e le reali potenzialità della delicata impresa. A compierle un celebre ingegnere militare, che per le varie conoscenze richieste all'epoca dalla professione, vantava anche una discreta competenza idraulica: il capitano Francesco De Marchi di Bologna, 1504-1576. Tipico spirito rinascimentale fu oltre che trattatista anche alpinista, speleologo, subacqueo e soprattutto ingegnere militare. Tra le sue maggiori avventure si annovera nel 1535 la ricognizione subacquea nel lago di Nemi e nel 1573 l'ascensione, mai tentata in precedenza, sulla cima del Gran Sasso d'Italia. Circa l'immersione il 15 luglio del suddetto anno[3], l'ingegner De Marchi, al servizio di Alessandro de Medici, duca di Toscana, vi si cimentò per vagliare personalmente le condizioni degli scafi delle navi di Nemi. Ne lasciò una dettagliata relazione pubblicata nella sua opera principale *Della architettura militare*[4] in cui non mancano pittoreschi dettagli, frammisti ad acute osservazioni scientifiche, sempre consentite dall'impiego di uno 'istromento' modernissimo per l'epoca, che a suo dire doveva restare segreto, inventato da un certo Guglielmo di Lorena.

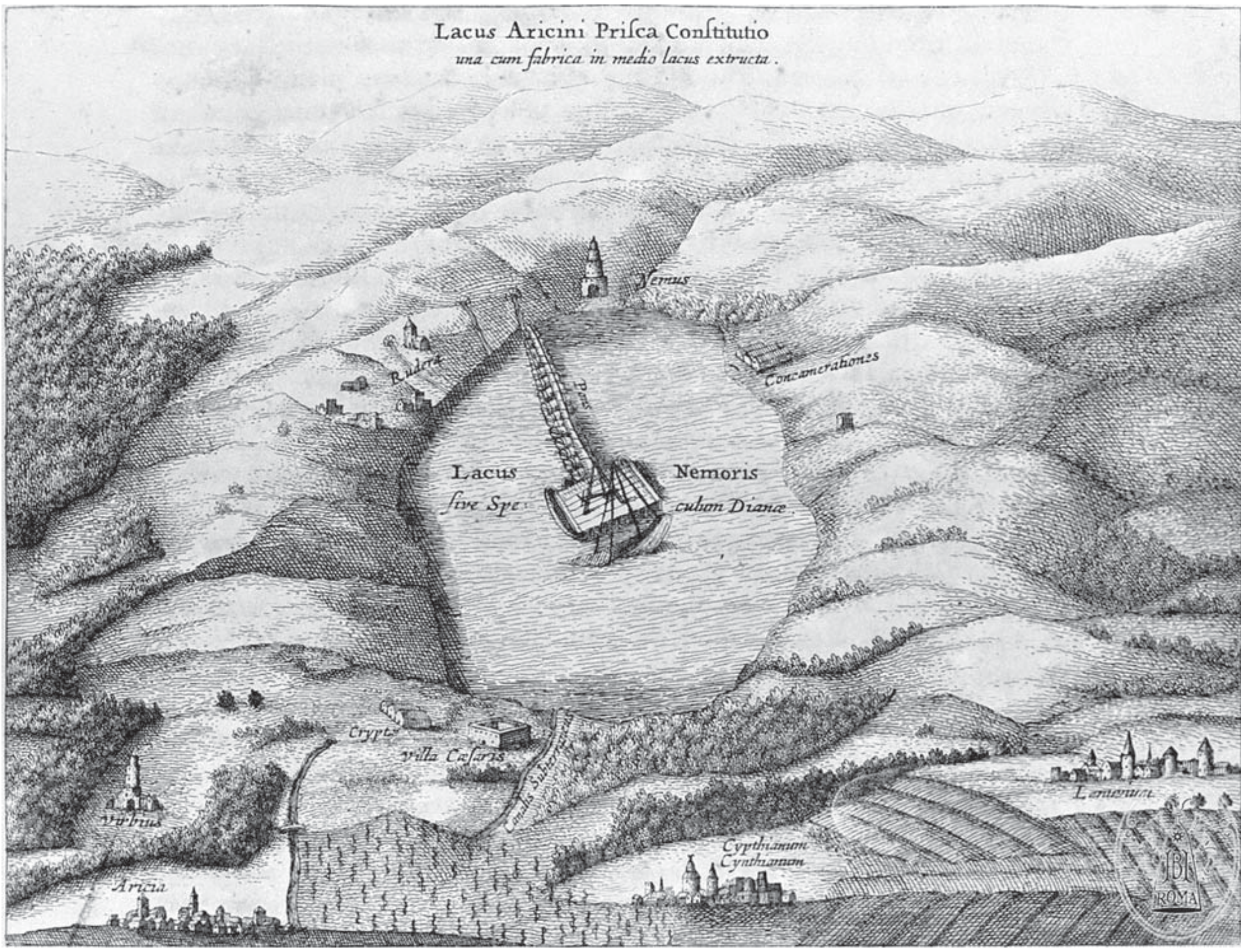
3 Per approfondimenti sull'argomento cfr. F. RUSSO, *Ventimila anni sotto i mari,* supplemento RIVISTA MARITTIMA, in corso di stampa.
4 F. DE MARCHI, *Dell'Architettura militare libri tre. Opera novamente data in luce,* Brescia 1599 edizione postuma.

Questa la sua relazione:

> *Non mi parerà fuori di proposito di parlare della barca de Traiano; poiché il Biondo da Forlì, nella descrittione d`ltalia e il Faueno nelle anticaglie di Roma ne hanno parlato senza vederla; ma io che l'ho veduta e tocca con mano, parlarò parte di quello che saprò. Dico che la barca di Traiano è sommersa nel lago di Nemo. Passa mille trecento quarant'anni che detta barca è nel fondo di detto lago, alla ripa che guarda verso il levante; la quale sta in pendivo nel lago; dove che maestro Gulielmo da Lorena trovò un istromento nel qual'entrava in essa; e se faceva calare nel fondo del lago, dove stava ivi un'ora, e più e meno, secondo l'haveva da fare, overo che il freddo lo cazzava via, con il qual'istromento si può lavorare, con segare, tagliare, turare, ligar corde, adoperar mazzi, scarpelli, tanaglie et altri simili instromenti, ma non se può già fare, se non puoca forza, per grande che l'huomo l'habbia, per rispetto dell'acqua che impedisce; ancora se li vede alquanto quando il*

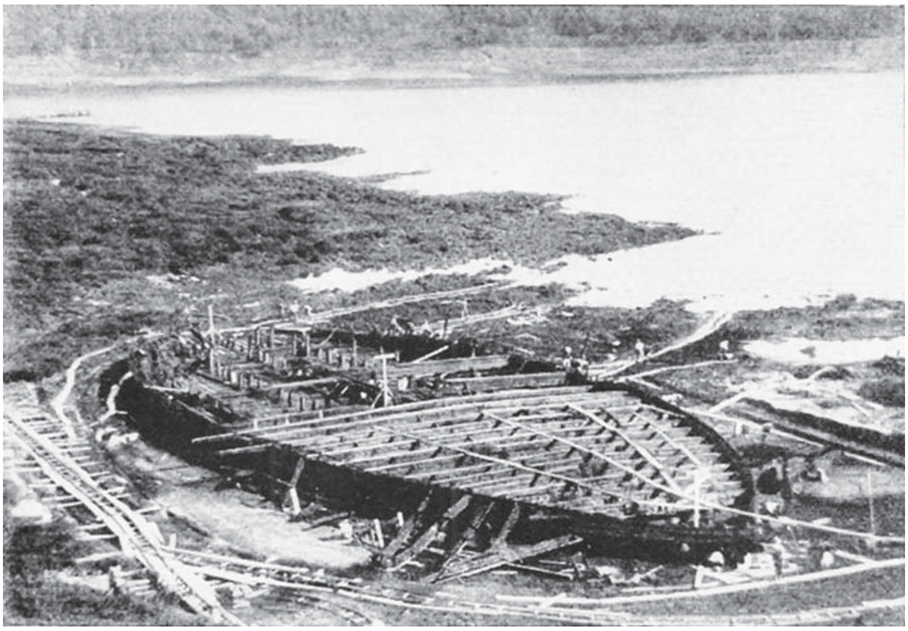
In alto: *ritratto di Francesco De Marchi.*
Sotto: *la campana subacquea progettata da Guglielmo di Lorena.*





Sopra: *il tentativo di recupero delle navi di Nemi in una incisione tratta dal volume di Athanasius Kircher, Latium, id est, nova & Paralella Latii tum Veteris tum Novi Descriptio (1671). Biblioteca Herzog August, Wolfenbüttel.*

Sole è lucente; com'era quando io vi andai, che fu a 15 de luglio 1535.
Si vede per un christallo che è d'una grandezza di un palmo: la vista è in questo modo, che una cosa per piccola che sia, par molto grande, dico molto maggiore ch'ella non è a vederla in acqua. Dico che li pesci detti Laterini, che sono in questo lago, li quali non sono maggiori del minimo dito della mano, paiono di sotto grossi come è il brazzo d'un huomo, e longhi tre palmi, li quali, se io non ero informato di detti pesci me haveriano posto paura per la gran moltitudine, che abbondavano alla volta mia; massime che io portai quattro onze di pane, e una de formaglio con esso meco per magnare; e perchè il pane era duro et nero se sbrizulava, dove concorse tanta moltitudine de pesci che mi cingevano intorno, dove che io era senza braghe m'andavano a piccare in quella parte che l'huomo può pensare, e io con le man li dava, ma non curavano nulla, come quelli che erano in casa sua; di modo che ne vidi uno, il quale mi parve molto grosso, e così lo pigliai, e non era più grosso quanto il mio dito secondo della mano. Io lo portai di sopra, si giudicò che non manco di trenta ne andasse per lira, da dodici onze…
Ancora il maestro Guglielmo mi volle turare le orecchie con del bambaso, con del muscho, e altri odori; ed io non volsi con dire ch'io voleva vedere so io udiva a chiamarmi, dove fui chiamato molte volte ad alta voce, e non sentiva; et non era sotto l'acqua più di sei canne romane: ma sentiva bene il tuono di dei sassi, che battevano l'uno con tra l'altro, sotto l'acqua un mezzo brazzo e più si sentiva dei martelli battere l'un contra l'altro, dico in modo che mi offendevano le orecchie molto forte e battendo sopra l'acqua più forte non udiva nulla. Mi disse mastro Guglielmo c'haeva fatto suonare un Tamburo sopra lui mentre l'era sott'acqua, e che mai l'haveva potuto udire, ma come sotto acqua se faccia rumore se sentiva subito.
Hora nell'andare giù sotto l'acqua io sentiva una passione nell'orecchie tanto grande che pareva che mi fusse posto un stillo d'azzale, che mi trapassasse dall'una orecchia all'altra: grandissimo dolore io sentii; dico che fu tale che mi si rompete una vena del capo, ch'l sangue mi usciva per la bocca, e per il naso dove che quando io cominciai a battere con il martello nella barca, mi cominciò a moltiplicar il dolore, e abondare il sangue, che fui sforzato à dare il segno e farmi tirare sopra; quando io fui di sopra che io fui fora dell'Instrumento, era tutto sangue il



Sopra: *la prima nave di Nemi durante le fasi di recupero nel XX secolo.*

il gran tempo che erano stati sotterrati, ma erano sani come il resto del legno. Vi erano ancora delli chiodi di ferro li quali dimostravano di essere stati grossi quanto è il dito grosso della mano d'un huomo, et erano tornati sottili come una penna d'occha da scrivere; e per la ruggine s'erano assottigliati e scurtati. V'erano poi altri infiniti chiodi di metallo, li quali erano tanto lucenti e intieri che parevano che fossero fatti quella settimana, li quali chiodi erano di infinite misure cominciando alla lunghezza de doi palmi, venendo diminuendo come le canne d'un Organo, si de lunghezza, come de grossezza, tanto che venivano alla lunghezza del dito minimo della mano; ma è ben vero che li più piccoli havevano più largo il capo, come è una di un terzo di scudo di argento, e sotto vi erano corti raggi di rilievi a similitudine di una stella; li quali chiodi erano posti per di fuori della barca, e quelli tenevano le lastre de piombo e la vela di lana coperta d'una mistura che sapeva di buono, e ardeva facilmente, questa era tra le sponde della barca e il piombo. Li detti chiodi erano lontani l'uno dall'altro quante la palma della mano; li altri chiodi erano confitti nelle incatenature delli legnami, che tenevano la barca serrata, dove più era il pericolo de non aprirsi. Quelli di ferro erano posti in certi luoghi, che ancora che mancassero non perciò si poteva aprire la barca. Quelli di legno erano trà certe tavole delli coperti delle camere. Le tavole, che facevano il fondo, e sponde, e ogni brazzo vi era una commettitura di legno larga quattro dita che entrava in l'uno e l'altro tavolone, che teneva serrate le tavole insieme, dove erano questi cavigli di Rovere, che passavano quelli legni, che serravano le tavole insieme, ma non riuscivano fuori delle sponde, le quali sponde erano di tavoloni grossi sei dita, chi più e chi meno. Quelle da basso erano più grosse, che quelli di sopra; poi il panno che v'era sopra, con quella conza, mostrava di non essere stata sottile. Poi le lamma di piombo erano poste sopra in doi modi, da mezze in giù erano poste doppie, e da mezze in su sempie, ma soprapposte tutte l'una all'altra: alla congiuntura erano grosse le piastre quant'è la costa di un cortello ordinario, più presto più, che meno, e dette lassere erano di fuori inchiodate nelle sponde della barca.

Dentro della barca v'erano pavimenti de Matoni de tre palmi per ogni verso, e grossi quattro dita, li quali erano rossi come è un carmesino. Ancora cavassimo

giupone bianco, ch'io haveva à dosso, il quale ra così sutto da mezzo brazzo adietro, come era quando io entrai nell'instromento, e di più havea un capello de seda cremisina, con una quantità di penne bianche, le quali erano così sutte, come erano quando io entrai nel lago, e per segnale i miei compagni me le tolsero per memoria. Era mastro Leonardo da Udine valente architetto, il quale misurò tutta Roma dentro e fuori, e la pose in stampa con tutti li monti, e Theatri et Templj, strade et altre cose segnate, al quale io aiutai forse sei mesi per mio piacere, e più per imparare. Vi era un suo figliuolo detto Thesiofonte, che era musico, vi era un gentil'huomo Romano detto messer Hippolito Maleno sonator eccellente di liuto. Vi era mastro Gulielmo con doi suoi servitori, questi io nomino per contrasegno.

Io steti mezz'hora di horologio la prima volta sotto l'acqua, et haveva portalo l'horologio con me per veder il tutto, e da poi che io fui di sopra, saltai nel lago a notare, e subito ch'io presi acqua in bocca, e che hebbi bagnato il capo, si fermò il sangue che non uscia né dal naso, né dalla bocca; poi volse tornare un'altra volta basso, dove mi posi le braghe e mi turai le orecchie con bobace muschiato, et non mi diedero più noia li pesci, né sentij più quel dolore del capo, dove stetti un'hora à basso e ligai una parte della sponda della barca, la qual con un'argano che havevano di sopra in su un ponte di botte, trassimo tanto di questo legname che haveressimo potuto caricare doi buonissimi muli, il qual legname era di più sorte; v'era larice, pino e cipresso; così fu giudicato in Roma da tutti gli valent'huomini.

Poi vi eran certi cavigli, li quali erano di rovere, e venati così neri che parevano dì ebano; et questo era per

un pezzo de Smalto de un pavimento, il quale era rosso e di bel colore; era cinque palmi per un verso e otto per l'altro, grosso un mezzo palmo. In detta barca si vedevano certe oscurità, le quali erano le camere del Palazzo, che qui era edificato sopra questa barca, dove non mi attentai di entrarvi per paura di non mi perdere, e ancora per il pericolo dell'instrumento, che se per sorte l'huomo cadesse e non restasse dritto, subito saria morto, per l'acqua che entreia nell'instrumento con tanta velocità, ancora perche pesa assai bene; ma quando fusse uno che sapesse notare ò havesse animo, potria lasciare l'instrumento a bassom, e venire sopra, come facea il maestro spesse volte. Il maestro diceva, che ancora egli havea paura à entrare in dette camere perché se cadeva era necessario lasciar lo instromento, ma trovar la porta da riuscire era il fatto. Il provare con una corda, e tornar per essa, hebbi una volta a restarvi, perché hebbi a cader giù per una scala: dove che 'l s'avisò di voler levar detta barca, per di fuora andandola disfacendo. Mi disse che vi sono delli rami di metallo ma io non li ho veduti. Trovassimo in quel giorno certe Tenaglie, che erano attaccate a certe catene della nave che altri havevano voluto rompere, e cavare della barca, ma mostrava che restassimo per la corda che si rompesse, come si fece a noi, che attaccassimo un travo con una corda grossa che pareva da nave e con un argano e un mulinello voltavamo per cavar una quantità di questa barca, eravano sedici huomini a girar l'argano, la gomena si rompé, e non potessimo far nulla, e per segnale gli huomini erano di Genzano, che andavano ad Alba longa, che v'era una devotione della Vergine Maria. Ancora trovassimo delle Ancore, ò cose fatte a somiglianza di Ancora, quali adoperavano al tempo del Biondo historico per cavar di detta barca.

Vi sono altri c'hanno parlato di detta barca, che con barche o ponti, vi andavano sopra e gittavano abbasso instromenti per cavarne, e di quel poco che cavarno ne fecero mentione per iscrittura. Ancora si trovò in essa un pezzo di canone di piombo grosso tre dita, e havea tanto di vacuo che vi entrava il pugno, della mano dentro. Misurassimo ancora la barca in questo modo: Pigliassimo una corda, e l'attaccassimo da un capo, poi se andò giù dall'altro capo e si faceva il medesimo col tirare la corda, la barchetta veniva al dritto di sopra dove l' era attaccata, poi tirassimo una corda sottile da una barca all'altra e segnassimo la distanza dall'una all'altra, poi segnassimo la corda al pari dell'acqua, quella che era attaccata alla barca, venivano poi al mezzo di questa corda, che andava per la lunghezza, mi affondava e l'attaccava alle sponde, con tirare le corde; le barchette andavano sopra le sponde e de qui se tirava un filo da una barchetta all'altra, e si pigliava la larghezza di modo, che con misurare la profondità delli capi, venevano a veder quanta dependenza havea la barca, e così calcolammo.

La lunghezza è canne settanta; la larghezza è canne trentacinque; l'altezza dal fondo alla cima della sponda, canne otto. La misurai à questo modo. Attaccai una corda alla sommità della sponda nel mezzo, e poi andai per insino al fondo, e segnai tutto questo con diligenza; e feci per saper parlare della barca di Traiano. Io me ne portai un gran pezzo à Roma, dove pigliai ogni sorta di chiodi, e li pesai e li misurai, e ne presi un palmo re quadrato, e poi pesai il detto piombo sempio, e altrettanto feci del doppio, e un palmo della sponda, e tolsi la grossezza e il peso; ma questi tali pesi, e misure, mi furno rubbati con molti chiodi, con pensar di trovar in iscritto il modo, come è fatto l'instromento d'andar sotto acqua, e starvi una e doi hore: ma la gli venne follata che non lo trovarono, perché con sacramento, ho tal secreto di non lo mostrare mentre vive maestro Gulielmo, inventore de tale instromento, al quale uscisse il fiato di esso, e non entra l'acqua, senza spiracolo sopra l'acqua, cosa ingeniosissima da sapere.

Questo modo di star sotto acqua può servire à più cose, si come l'huomo si può immaginare: io le tacerò, perché se io volessi scrivere à quanto possa essere giovevole tale invenzione, scriveria molto, ma sol dirò, che a conoscer li fondi sotto l'acqua,e a legare alcuna cosa, per tirare de sopra,e trovar quello, che non se può vedere, né toccar con mano in altro modo, per quanto io habbia potuto trovare né in iscritto né in fatti. Ancora faccio sapere che detta barca, è in detto lago, solo una minima particella vi manca, che manca, che mastro Gulielmo levò via, e quella che io cavai.

Et di questa barca de Traiano tanto ve ne sia detto.[5]

La meticolosa ricognizione subacquea del De Marchi, molto a lungo ritenuta non veritiera quando non pure inventata interamente, solo dopo il recupero delle navi, verificatane la sostanziale attendibilità, fu infine riabilitata. Le dimensioni delle imbarcazioni, tuttavia, si attestavano quasi alla metà di quelle cinquecentesche, 70 m contro le 70 canne pari a circa 140 e i 20 m contro le 35 canne circa 70 m, diversità talmente notevole da non trovare una valida spiegazione se non quella di una voluta esagerazione. Per il resto chiodi di bronzo, lastre di piombo e intercapedine di lana, ebbero completo ed assoluto riscontro, conferma della serietà del De Marchi. Venendo allo 'instromento' usato per la ricognizione non può semplicisticamente equipararsi ad una campana subacquea, quali in realtà se ne vedranno nei secoli successivi, e per l'ampia mobilità e per la lunga autonomia che gli consentiva, per cui si deve propendere piuttosto per un antesignano scafandro o, per meglio dire, una campana individuale la cui straordinaria semplicità non giustificherebbe però il ricordato segreto sulla sua concezione. Del resto

5 Da F. DE MARCHI, *Dell'architettura Militare*, ediz. Roma 1810, vol. III, p. 256.

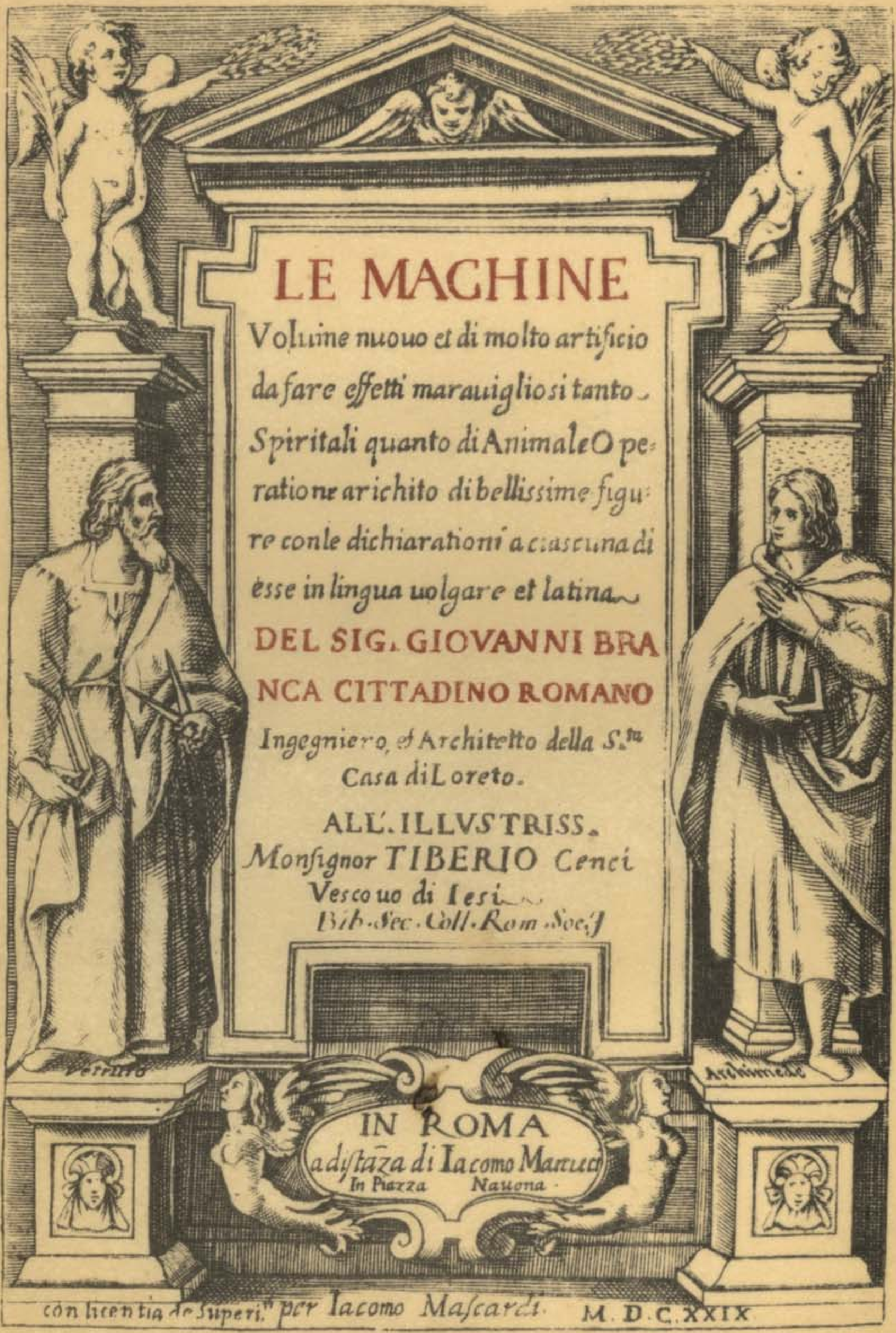
anche una botte di circa 3-400 litri di volume, trascurandone la spinta di galleggiamento, non garantirebbe 1-2 ore di immersione persino ai pochi metri di profondità ma nella migliore delle ipotesi 20-30 minuti. Si deve allora supporre che il segreto della campana fosse un sistema di ricambio d'aria collocato sul suo coperchio, alimentato in qualche modo dalla superficie. Che proprio quello fosse il segreto lo conferma il fatto che il De Marchi non manca di descrivere la campana per forma, dimensione e materiali, descrizione così riproposta in un articolo del 1839:

> *Questa macchina egli afferma di essere stato una sorta di botte a doghe di quercia come lo scafo di una nave, di due dita di spessore, cinque palmi alta, e larga tre, aperta ad un'estremità, e all'altro saldamente fissata, rinforzata con sei cerchioni di ferro e con uno di piombo posto sul bordo inferiore, in modo che possa facilmente affondare. All'esterno stato spalmato e ingrassati con sego per renderla impermeabile, ed è stata munita di uno spesso vetro (fissato strettamente in modo che l'acqua non avrebbe potuto entrare), attraverso il quale il subacqueo può vedere gli oggetti in acqua. Questo strumento andava posto sopra la testa del subacqueo, ed era sostenuto da bandelle di ferro poste al suo interno, che, stringendo le spalle, lo trattenevano saldamente, consentendogli l'uso delle braccia. Per ulteriore sicurezza, è stata attaccata una cinghia, che, scendendo lungo la schiena, passa tra le gambe, ed è fissata anteriormente con una fibbia, in modo da poter essere facilmente e rapidamente sciolta.*[6]

6 La citazione è tratta da un curioso articolo che la riproponeva in una rivista popolare britannica con questo titolo, *Traiano palazzo nel lago di Nemi*, in The Penny Magazine (1839), 23-24.

Al di là di quei dettagli, il sistema impiegato per il ricambio dell'aria respirabile nella campana rimane un segreto, purtroppo talmente ben custodito che nulla ci è pervenuto. Tre secoli trascorreranno da quella giornata nell'attesa di una ulteriore dettagliata ricognizione, intervallo purtroppo scandito da asportazioni vandaliche e danneggiamenti diffusi. È interessante al riguardo, leggendo la relazione del De Marchi, constatare le notevoli differenze tra i relitti da lui ispezionati e quelli poi riportati alla luce. La maggiore si coglie nella presenza di un ponte di coperta ancora praticabile, con residuo del pavimento originario di quadroni di cotto smaltati, sul quale si distinguono degli ambienti che il De Marchi saggiamente non ebbe il coraggio di visitare, non disponendo peraltro di mezzi per illuminarli. Complessivamente le imbarcazioni gli apparvero abbastanza integre, ad eccezione di piccole parti strappate in maniera avventata. È impossibile per noi tentare di valutare l'esatta entità di quelle asportazioni: di certo quando finalmente le navi uscirono dall'acqua, erano ormai ridotte al solo fasciame dell'opera viva, senza alcun ponte o frammento in sede dell'opera morta.

Sotto: *medaglia commemorativa in onore di Francesco De Marchi (opus: Tommaso Mercandetti), bronzo coniato 102,91g. Ø 68 mm. FRANCISC MARCHIVS Busto corazzato, a d.; sotto, sul ciglio, T. MERCANDETTI F. ROMAE MDCCCXIX Rv. MVNIENDI ARTE RENOVATA. Sulla linea dell'esergo, T MERCANDETTI F. ET SCVLPSIT ROMAE MDCCCXIX e, sotto,* TANTI VIRI SCRIPTA PENE OBLITA / NOVA NOBILISSIMA EDITIONE / INLVSTRAVIT / EQ ALOIS MARINVS.



LE MACHINE

Volume nuouo et di molto artificio da fare effetti marauigliosi tanto Spiritali quanto di Animale Operatione arichito di bellissime figure con le dichiarationi a ciascuna di esse in lingua uolgare et latina

DEL SIG. GIOVANNI BRANCA CITTADINO ROMANO

Ingegniero, et Architetto della S.ta Casa di Loreto.

ALL'. ILLVSTRISS. Monsignor TIBERIO Cenci Vescouo di Iesi

Bib. Sec. Coll. Rom. Soc. J

IN ROMA
a distāza di Iacomo Mancuci
In Piazza Nauona

con licentia de Superi. per Iacomo Mascardi. M.D.C.XXIX

Indice degli autori

AA.VV., *La Storia*, Novara 2007.
G. AGRICOLA, *De re metallica*, Basilea 1550.
L. A. ALBERTI, *De Componendis Cifris*, 1466.
N. APPERT, *Le livre de tous les menage ou l'art de conserver pendant plusieurs années toutes les substances animales et végétales*, Parigi 1810.
ARCHIMEDE, *Arenario.*
G. B. BALIANI, *De motu naturali gravium, fluidorum et solidorum*, Genova 1638.
S. BELLI, *Libro del misurar con la vista*, Venezia 1566.
G. F. BIANCHINI, *Osservazioni intorno all'uso dell'elettricità celeste e sopra l'origine del fiume Timavo*, Venezia 1754.
L. BLANCH, *La scienza militare considerata nei suoi rapporti colle altre scienze e col sistema sociale*, Roma 1939.
G. BOFFITO, *Gli strumenti della scienza e la scienza degli strumenti*, Firenze 1929.
R. BOGGIO, *Aristarco di Samo*, on-line.
A. BORELLI, *De Motu Animalium*, Leida 1710.
C. BORGO, *Analisi ed esame ragionato dell'arte della fortificazione e difesa delle piazze dell'ab. Carlo Borgo*, Venezia 1777.
W. BOURNE, *Inventions or devices, very necessary for all Generales and Captaines, or leaders of man, as wel by sea as by land*, Londra 1578.
G. BRANCA, *Le machine*, Roma 1629.
F. BRAUDEL, *Civiltà e imperi del Mediterraneo nell'età di Filippo II*, Torino 1976.
E. BRAVETTA, *L'artiglieria e le sue meraviglie dalle origini fino ai giorni nostri*, Milano 1919.
E. CELEBI, *Seyahatname*, 1650 ca.
L. CEVA, A. CURAMI, *La meccanizzazione dell'esercito fino al 1943*, Roma 1994.
E. CICCOTTI, *Il tramonto della schiavitù nel mondo antico*, Bari 1977.
C. M. CIPOLLA, *Vele e cannoni*, Imola 1983.
J. N. CUGNAT, *Elementi di arte della guerra antica e moderna*, Parigi 1766.
J. N. CUGNAT, *Fortificazione campale teorica e pratica*, Parigi 1769.
M. DAUMAS, *Storia della Scienza*, Bari 1969.
F. DE MARCHI, *Dell'Architettura militare libri tre. Opera novamente data in luce*, Brescia 1599.
F. DE MARCHI, *Dell'Architettura Militare*, Roma 1810.
F. DE SAINT-FOND, *Description des expériences de la machine aerostatique de MM. De Montgolfier*, Parigi 1783.
E. DENISON, I. STEWART, *Leggere i ponti*, Cina 2012.
T. K. DERRY, T. I. WILLIAMS, *Tecnologia e civiltà occidentale. Storia della tecnica e dei suoi effetti economico-sociali*, Torino 1968.
M. DOCCI, D. MAESTRI, *Storia del rilevamento architettonico e urbano*, Bari 1993.
D.A. FLOWER, *I lidi della conoscenza*, Roma 2002.
G. FONTANA, *Bellicorum instrumentorum Liber, e Secretum de thesauro experimentorum ymaginationis hominum*, in E. BATTISTI, G. SACCARO BATTISTI, *Le macchine cifrate di Giovanni Fontana*, Milano 1984.
U. FORTI, *Dalla rinascita dopo il Mille alla fine del Rinascimento*, in *Storia della Tecnica*, Torino 1974.
B. FORTEGUERRI, *Proposta di campagna marittima, per i Bastimenti della Marina da Guerra di S.M. il Re delle Sicilie*, Napoli 1798.
F. FRASCA, *Il telegrafo ottico dalla Rivoluzione Francese alla guerra di Crimea*, in *Informazioni della Difesa*, Roma 2000.
J. F. C. FULLER, *Le battaglie decisive del mondo occidentale e loro influenza sulla storia*, Roma 1988.
G.M. GALANTI, *Elogio storico del signor abate Antonio Genovesi*, Firenze 1781.
L. GALVANI, *De viribus electricitatis in motu musculari commentarius*, in *De Bononiensi Scientiarum et Artium Instituto atque Academia Commentarii*, 1791.
G. GALILEI, *Opera Omnia*, (a cura di) Antonio Favaro, 1890-1909.
G. GALILEI, *Nuove scienze*, in Opere, (a cura di) F. Flora, 1953.

G. GALILEI, *La prosa,* Firenze 1978.
A. GENOVESI, *Discorso sopra il vero fine delle lettere e delle scienze,* in A. MICHELI, *Ragionamento sopra i mezzi più necessari per far rifiorire l'agricoltura, colla relazione dell'erba Orobanche detta volgarmente Succiamele e del modo di estirparla da Pier Antonio Micheli,* Firenze 1752.
B. GILLE, *Leonardo e gli ingegneri del Rinascimento,* Varese 1972.
B. GILLE, *Storia delle tecniche,* Roma 1985.
P. A. GIUSTINI, *Il computer: storia, sviluppi e prospettive,* in *Esercito e Scienza,* Modena 1991.
E. HALLEY, *L'arte di vivere sotto l'acqua,* in *Philosophical Transactions,* 29, 1714-1716.
M. HOWARD, *La guerra e le armi nella storia d'Europa,* Bari 1978.
C. HUYGENS, *La macchina a polvere da sparo,* in F. KLEMM, *Storia della tecnica,* Milano 1959.
F. C. LANE, *Le navi di Venezia,* Torino 1983.
LEONARDO da VINCI, *Pensieri,* in A. Marinoni (a cura di), *Scritti letterari,* Milano 1974.
A. LIBERALE, *Metamorfosi.*
J. LIND, *A treatise of the scurvy. In three parts. Containing an inquiry into the nature, causes and cure, of that disease. Together with a critical and chronological view of what has been published on the subject,* Edimburgo 1753.
S. MASINI, G. ROTASSO, *Dall'archibugio al Kalashnikov,* Milano 1992.
J. MERRIEN, *La vita di bordo nel Medioevo, dai Vichinghi alle galee,* Torino 1973.
W. H. Mc NEILL, *Caccia al potere. Tecnologia, armi, realtà sociale dall'anno Mille,* Varese 1984.
A. MONDINI, *Storia della tecnica,* Torino 1977.
B. L. MONTGOMERY, *Storia delle guerre,* Milano 1970.
C. MONTÚ, *Storia dell'Artiglieria Italiana,* Roma 1935.
J. MORDAL, *Venticinque secoli di guerra sul mare,* Torino 1973.
F. NEGRI, *Viaggio settentrionale fatto e descritto da Francesco Negri da Ravenna,* Padova 1700.
L. NUTI, *L'artificio del vero ritratto,* in *Tra Oriente e Occidente. Città e iconografia dal XV al XIX secolo,* (a cura di) C. De Seta, Napoli 2004.
D. PAPIN, *La manière d'amollir les os et de faire couire toutes sortes de viandes en fort peu de mi di et à peu de frais, avec une description de la Marmite, propriétés ses et ses usi,* Parigi 1680.
D. PAPIN, *A New Digester, Or Engine for Softening Bones: Containing the Description of Its Make and Use in These Particulars: Cookery, Voyages at Sea, Confectionary, Making of Drinks, Chymistry, and Drying : with an Account of the Price a Good Big Engine Will Cost and of the Profit it Will Afford,* Londra 1681.
A. PARE', *The journey to Turin,* 1537.
A. PARÉ, *Journeys in diverse places,* 1537-1569.
H. L. PETERSON, *Armi da fuoco nei secoli,* Milano 1963.
O. PIAMIGIANI, *Vocabolario etimologica della lingua italiana,* Varese 1993.
N. PIGNATO, F. CAPPELLANO, *Gli autoveicoli da combattimento dell'Esercito Italiano,* Roma 2002.
PLUTARCO, *Vita di Lisandro,* in *Vite parallele,* rist. Milano 1974.
A. RAMELLI, *Dell'artificiose machine,* Parigi 1588.
W. REID, *La scienza delle armi dall'età della pietra ai nostri giorni,* Milano 1979.
L. ROSSI, *Rotocalchi di pietra, segni e disegni dei tempi sui monumenti trionfali dell'Impero Romano,* Milano 1981.
L. RUSSO, *Flussi e riflussi. Indagine sull'origine di una teoria scientifica,* Milano 2003.
F. RUSSO, *La difesa costiera del Regno di Napoli, dal XVI al XIX secolo,* Roma 1989.
F. RUSSO, *La difesa costiera del Regno di Sardegna dal XVI al XIX secolo,* Roma 1992.
F. RUSSO, *La difesa costiera del Regno di Sicilia dal XVI secolo al XIX,* Roma 1994.
F. RUSSO, *Guerra di corsa,* Roma 1997.
F. RUSSO, *La difesa costiera dello Stato Pontificio dal XVI al XIX secolo,* Roma 1999.
F. RUSSO, *La difesa costiera dello Stato dei reali Presidi di Toscana dal XVI al XIX secolo,* Roma 2002.
F. RUSSO, *Tormenta. Venti secoli di artiglieria meccanica,* Roma 2002.
F. RUSSO, *Fuoco Marino,* suppl. Rivista Marittima, 2/2004.
F. RUSSO, *L'artiglieria delle legioni romane,* Roma 2004.
F. RUSSO, *Ingegno e paura. Trenta secoli di fortificazioni in Italia,* Roma 2005.
F. RUSSO, *Leonardo inventore? L'equivoco di un testimone del passato scambiato per un profeta del futuro,* Napoli 2009.
F. RUSSO, *Le torri costiere del Regno di Napoli. La frontiera marittima e le incursioni corsare tra il XVI secolo ed il XIX secolo,* Napoli 2009.
F. RUSSO, *In mezzo al mar ci son camin che fumano,* suppl. Rivista Marittima, 11/2009.
F. RUSSO, *L'avventura degli uomini volanti,* in riv. MEDIOEVO, 1/2010.
F. RUSSO, *Il sorbetto di Nerone,* in riv. ARCHEO, 6/2010.
F. RUSSO, *La difesa perfetta,* in riv. MEDIOEVO, 4/2011.
F. RUSSO, *Meglio la cadenza della potenza,* in riv. MEDIOEVO, 8/2011.
F. RUSSO, *Batti il ferro,* in riv. MEDIOEVO, 07/2013.
F. RUSSO, *20.000 anni sotto i mari, suppl. Rivista Marittima,* in corso di stampa.
F. RUSSO, *Storia del disegno di progetto,* in riv. ARCHEO, in corso di stampa.

F. RUSSO, F. RUSSO, *79 d.C. rotta su Pompei. Indagine sulla scomparsa di un Ammiraglio,* Napoli 2006.
F. RUSSO, F. RUSSO, *Tormenta navalia. Le artiglierie navali romane*, suppl. Rivista Marittima, 6/2007.
E. SALVADOR, *Appunti di crittografia*, 2007.
G. SCAMARDÌ, *Città navi e battaglie nel Mediterraneo fra il 1598 e il 1616 in un manoscritto inedito,* in *Le città e i cartografi,* (a cura di) C. De Seta, Napoli 2008.
G. B. SEGNI, *Discorso intorno alla carestia,* Ferrara 1591.
J. SINGH, *Teoria dell'informazione. Linguaggio e cibernetica,* Verona 1969.
L. SOLDATI, S. COCCIA, *Genio! L'arma tecnica e tattica oggi*, Bergamo 1993.
L. STANCA, *La sfida tecnologica nell'informatica,* in *Esercito e scienza. Storia, applicazioni e ricadute della ricerca militare,* Firenze 1991.
D. STROFFOLINO, *La città misurata. Tecniche e strumenti di rilevamento nei trattati a stampa del Cinquecento,* Padova 1999.
N. TARTAGLIA, *Nova scientia inventa,* Venezia 1537.
N. TARTAGLIA, *Della sua Travagliata Inventione*, Venezia 1551.
E. TORRICELLI, *Opera geometrica*, Firenze 1644.
Traiano palazzo nel lago di Nemi, in *The Penny Magazine* (1839).
A. ULLOA, *La historia dell'impresa di Tripoli di Barbaria, fatta per ordine del sereniss. re catolico l'anno m.d.l x. con le cose auenute a christiani nell'isola delle Zerbie, nuovamente mandata in luce,* Milano 1580.
G. ULLOA, *L'arte della guerra*, Torino 1851.
F. VERANZIO, *Machinae novae, addita declamazione Latina, Italica, Gallica, Hispanica et Germanica,* Venezia 1565.
F. VITALE, G. BETRÓ, *Palombari della Marina Militare Italiana 1849-2009,* Imola 2009.
M. VITRUVIO POLLIONE, *De architectura,* (a cura di) F. Bossalino e V. Nazzi, Roma 2002.